

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Návrh mezioperační manipulace při výrobě kabelů
Design of an Automated Interstage Manipulation during Cables
Production

Student:

Bc.Jaroslav Holub

Vedoucí diplomové práce:

Ing.Václav Krys, Ph.D

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jaroslav Holub**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Návrh automatizované mezioperační manipulace při výrobě kabelů**
Design of an Automated Interstage Manipulation during Cables
Production

Zásady pro vypracování:

1. Specifikujte požadavky na automatizovanou mezioperační dopravu při výrobě kabelů a sestavte podrobný požadavkový list.
2. Analyzujte dostupné technické prostředky a principy, které zajistí požadované funkce systému.
3. Navrhněte varianty řešení automatizovaného systému mezioperační dopravy a jeho periférií.
4. Proveďte objektivní posouzení navržených variant a vyberte z nich nejlepší. Vybranou variantu rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu.
5. Práci doplňte podrobnou technickou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
6. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

BURKOVIČ, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-248-1869-6.

BURKOVIČ, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2004. 118 s. ISBN 80-248-0709-2.

SKAŘUPA, J.; ZELINA, P. *Hlavice průmyslových robotů*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1993. 100 s. ISBN 80-7078-210-2.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

prof. Dr.Ing. Petr Novák
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě, 21.05.2012

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2012

.....

Jaroslav Holub

17.listopadu 1224

Kopřivnice 74221

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HOLUB, J. *Návrh automatizované mezioperační manipulace při výrobě kabelů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2012, 67 s. Vedoucí práce: Krys V.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem řešení pro manipulaci s výrobky vyráběné firmou Continental automotive. V této práci jsou zpracovány varianty uchycení a kontroly výrobku ve fixačním přípravku. Za pomoci hodnotové analýzy byla vybrána nejvhodnější varianta, která byla detailně rozpracována. Pro finální přípravek byl následně navržen efektor. V závěru je zpracováno ekonomické posouzení a možný přínos pro uplatnění v praxi. Součástí práce jsou také pneumatické návrhy obvodu pro přípravek i efektor.

ANOTATION OF MASTER THESIS

HOLUB, J. *Design of an Automated Interstage Manipulation during Cables production: Master Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical university of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, department of robotics, 2012, 67 p. Thesis head: Krys V.

This thesis deals with the structural design solutions for the handling of the products produced by Continental Automotive. In this work, mounting options are processed and checks in the fixation of the product. Using value analysis was chosen the best option which was elaborated in detail. For the final product was then designed effector. In conclusion, it is processed an economic assessment and possible benefits for practical application. Parts are also working pneumatic circuit design for the product and effector.

Obsah

1	OM, výrobní linka	11
1.1	Popis a rozměry variant výrobku R,P	12
1.2	Popis stávajícího výrobního procesu a výrobní linky	13
1.3	Rešerše obdobných pracovišť ve firmě Continental	14
1.4	Požadavky na nové pracoviště	16
1.5	Rozvržení výrobní linky	17
1.6	Požadavky na PR.....	19
1.6.1	Rešerše PR.....	20
1.6.2	Zvolený PR na základě rešerše.....	21
1.7	Požadavky na fixační přípravek.....	22
2	Varianty řešení fixačního přípravku	23
2.1	Varianta A	24
2.2	Varianta B	25
2.3	Varianta C	26
2.4	Varianta D	27
2.5	Hodnotová analýza	29
2.5.1	Výpočet vážených indexu jednotlivých variant.....	31
3	Návrh fixačního přípravku	32
3.1	Fixace výrobku v přípravku	33
3.2	Senzory	34
3.3	Pohony pro pohyblivé části přípravku	36
3.3.1	Návrh pohonu	36
3.3.2	Rešerše modulu s lineárním vedením	37
3.3.3	Rešerše pneumatických pohonů	38
3.4	Modul pro kontaktování konektoru	39
3.5	Návrh lineárního vedení	40
3.5.1	Lineární vedení	41
3.6	Detail části pro uchycení konektoru	43
3.7	Spínací jehličky	44

3.8	Fixace měřicí části výrobku	45
3.8.1	Řešení fixace pro měřicí část výrobku	46
3.9	Pneumatické schéma fixačního přípravku	48
4	Návrh efektoru	49
4.1	Konstrukce efektoru	50
4.2	Výpočet upínací síly kleštin	50
4.2.1	Rešerše pneumatických modulů pro efektor	54
4.3	Interface pro připojení k PR	55
4.3.1	Konstrukční návrh příruby pro připojení na interface PR IRB1600	56
4.4	Hlavní části efektoru	57
4.4.1	Pneumatické komponenty	58
4.5	Základní rozměry efektoru	59
4.5.1	Konstrukce čelistí efektoru	60
4.6	Pneumatické schéma zapojení efektoru	61
5	Ekonomické zhodnocení	62
5.1	Vizuální model 3D pracoviště	64
6	Závěr	65
7	Seznam použité literatury a zdrojů	66
8	Přílohy	67

Seznam použitého značení

Symbol	Význam	Jednotky
PR	průmyslový robot	
OM	objekt manipulace	
FPY	ukazatel kvality	
MCA	způsobilost zařízení	
CT	čas stroje	
POKA YOKE	eliminace chyby založení	
INKJET	metoda značení inkoustem	
a	zrychlení	m.s^{-2}
M_R	Moment působící na vedení	N.m
g	gravitační zrychlení	m.s^{-2}
k_P	koeficient bezpečnosti pohonu	
F_P	síla pohonu	N
F_{JEHL}	síla jehliček	N
M_M	hmotnost modulu kontaktování	kg
m_{OM}	hmotnost objektu manipulace	kg
G	tíhová síla	N
F_{OD}	odstředivá síla	N
F_C	celková síla působící na OM	N
U	potřebná uchopovací síla	N
P	dynamické ekvivalentní zatížení	N
C_{dyn}	dynamická únosnost	N
U_{VYP}	uchopovací síla včetně bezpečnosti	
f_H	faktor tvrdosti	
f_T	faktor teploty	
f_w	faktor zatížení	
f	součinitel tření	
k	koeficient bezpečnosti	

Úvod

Tato práce se zabývá řešením manipulace s výrobky vyráběné ve firmě Continental automotive systems. Těmito výrobky jsou rychlostní senzory pro měření rychlosti setrvačníku uvnitř osobního automobilu. Rychlostní senzory se vyrábějí ve dvou výrobních variantách. V současné době je linka finální kontroly, do které vstupují tyto výrobky obsluhovaná pouze operátorem.

V této práci chci poukázat na možnost robotizace této výrobní linky s nasazením PR. Dle analýzy současného stavu se pokusím navrhnout nejvhodnější PR pro linku finální kontroly výrobku. Avšak klíčovým výstupem této práce bude návrh fixačního přípravku a návrh efektoru pro navržený fixační přípravek. Do budoucna se plánuje, že navržený přípravek pro fixaci výrobku bude použit pro ruční pracoviště, jelikož v tomto přípravku je možno měřit elektrické vlastnosti výrobku a také přípravek slouží pro detekci přítomnosti komponentů na samotném výrobku. Požadavkem firmy je navrhnout více variant řešení fixačního přípravku pro oba typy kontrolovaných výrobku. Pro finální variantu řešení fixace výrobku bude následně navržen efektor.

1 OM, výrobní linka

OM jsou rychlostní senzory, které slouží pro měření rychlosti setrvačnicku u osobního automobilu. Roční kapacita každého senzoru se pohybuje kolem 1 000 000 ks/rok. Tyto výrobky se skládají ze tří základních komponentů, těmito komponenty jsou: měřicí část, konektor, kabel.

Tyto výrobky jsou rozděleny do variant s označením R a P. Toto označení vychází z toho pro jakého zákazníka je produkt určen, tedy varianty R dodáváme zákazníkům Renault a variantu P zákazníkům Peugeot, obě tyto varianty jsou si velice podobné. Nejvýznamnější rozdíl je ve tvaru měřicí části a délce kabelu. Délka kabelu je u varianty R 320mm a délka u varianty P je 500mm. Celková hmotnost varianty R se pohybuje kolem 300g a varianty P kolem 350g. Varianty R a P lze také od sebe odlišit barevným označením konektoru a varianty R používáme modrý konektor viz.obrázek 1. U varianty P je to žlutý konektor viz obrázek 2.



Obr. 1 Varianta R



Obr. 2 Varianta P

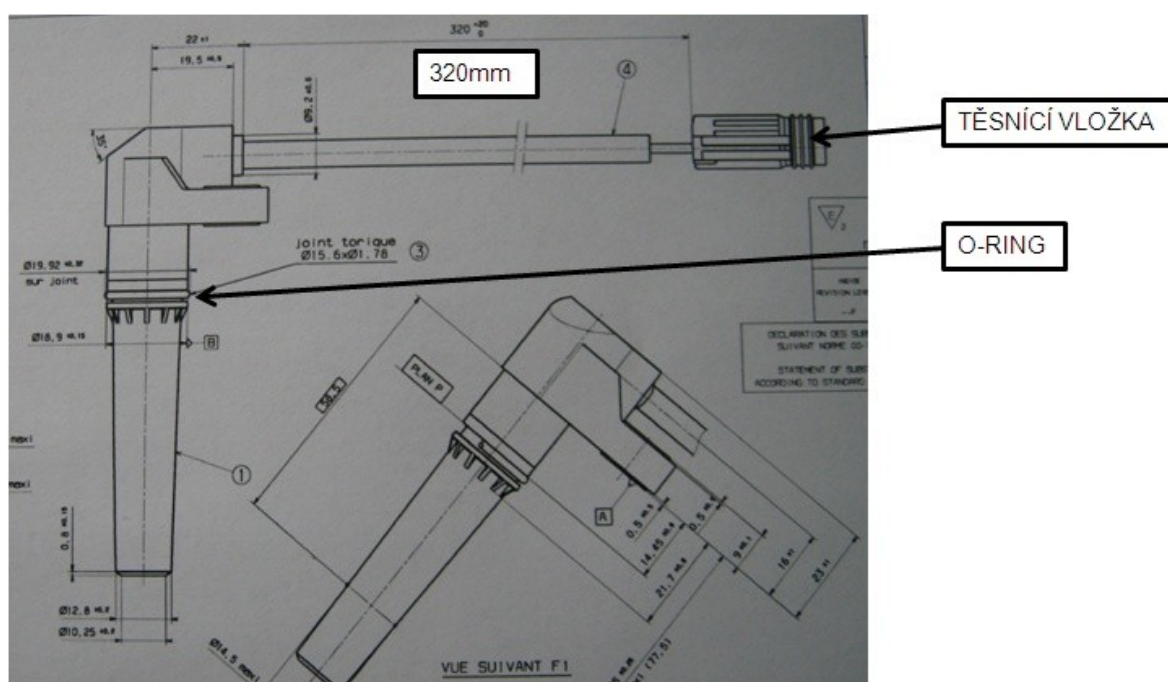
U obou výrobku je potřeba v průběhu procesu kontrolovat osazenost komponentu jako krytka konektoru a těsnící O-kroužek. Obě tyto varianty výrobku a jejich následné kontroly, ale především jejich rozměry jsou popsány na další stránce.

1.1 Popis a rozměry variant výrobku R,P

Typ výrobku R

Tato varianta výrobku je použita pro osobní automobily značek Renault. Délka kabelu je u této varianty 320mm. Požadavek na kontrolu části jsou u obou typů stejné:

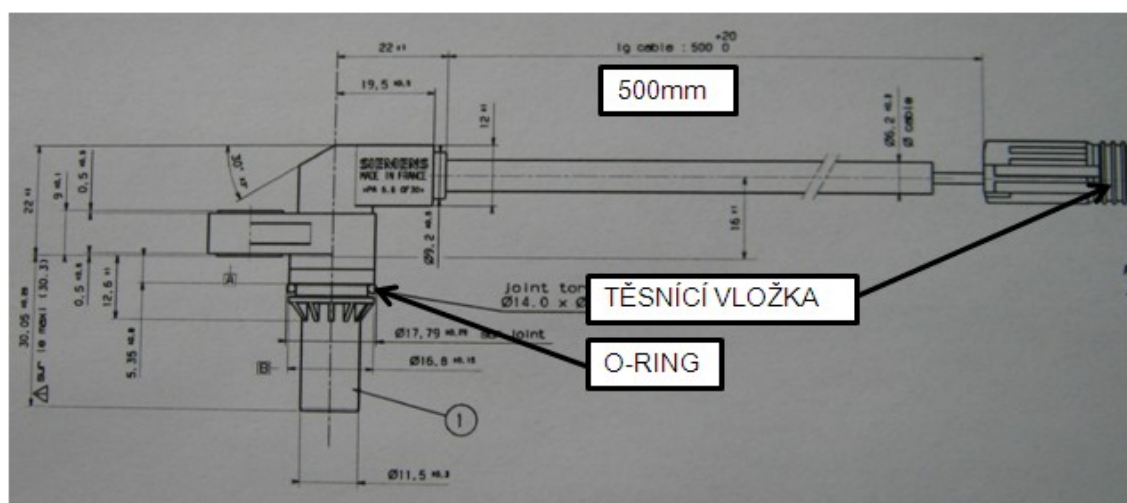
- Těsnící o-kroužek
- Ucpávka na konektoru



Obr. 3 Výrobek R

Typ výrobku P

Varianta výrobku B je použita pro osobní automobily značek Peugeot. Délka kabelu je u této varianty 500mm. Barva konektoru žluta



Obr. 4 Výrobek P

1.2 Popis stávajícího výrobního procesu a výrobní linky

Stávající proces běží ve výrobní lokaci na Filipínách, v současném stavu pracuje linka bez robotu, pouze za použití jednoduché automatizace. Roční produkce každého typu výrobku se pohybuje kolem 1 000 000 ks za rok.

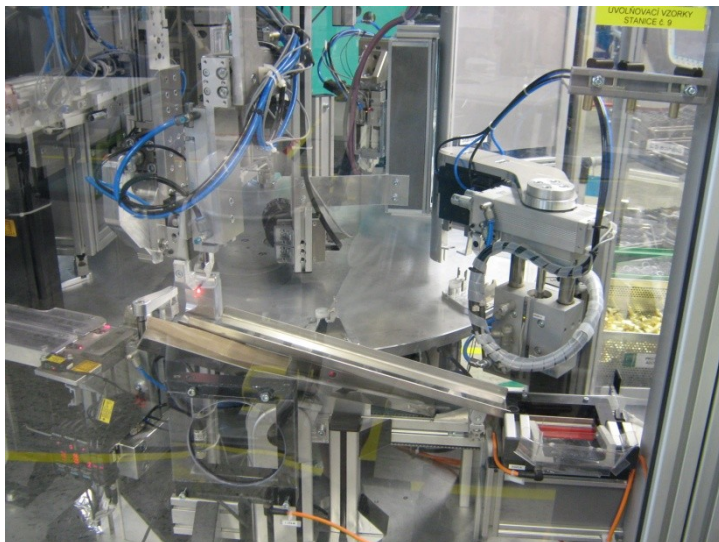
Popis výrobního procesu v jednotlivých bodech

- 1) Operátor vkládá výrobek do základacího lůžka testovacího zařízení. Zde je přesný otvor pro správné založení výrobku (poka yoke).
- 2) Po vložení a zjištění přítomnosti kusu dojde k automatickému spuštění.
- 3) Následně se překontroluje přítomnost všech požadovaných komponentů.
 - a) přítomnost kovového kroužku (pokud je u typu přítomen)
 - b) přítomnost o-kroužku (pokud je u typu přítomen)
 - c) přítomnost vnitřního těsnění konektoru (pokud je u typu přítomno)
 - d) přítomnost vnějšího těsnění konektoru (pokud je u typu přítomno)
 - e) přítomnost ucpávky na konektoru (pokud je u typu přítomna)
- 4) Následně dojde k testování el. vlastností senzoru.
 - Výrobek se nakontaktuje a nejdříve se změří indukce a odpor cívky
 -
- 5) Pokud je předchozí operace vyhodnocena s pozitivním výsledkem , tak je výrobek automaticky označen (**INKJET značením**) a poté je opět operátorem vyjmut a vhozen do balení dobrých kusů.

Pro tento sled jednotlivých procesů a operací je v současné době postavena výrobní linka pro každý výrobek zvlášť. Tato výrobní linka slouží pouze pro konečnou kontrolu vyráběných výrobků a pro jejich případnou eskalaci.

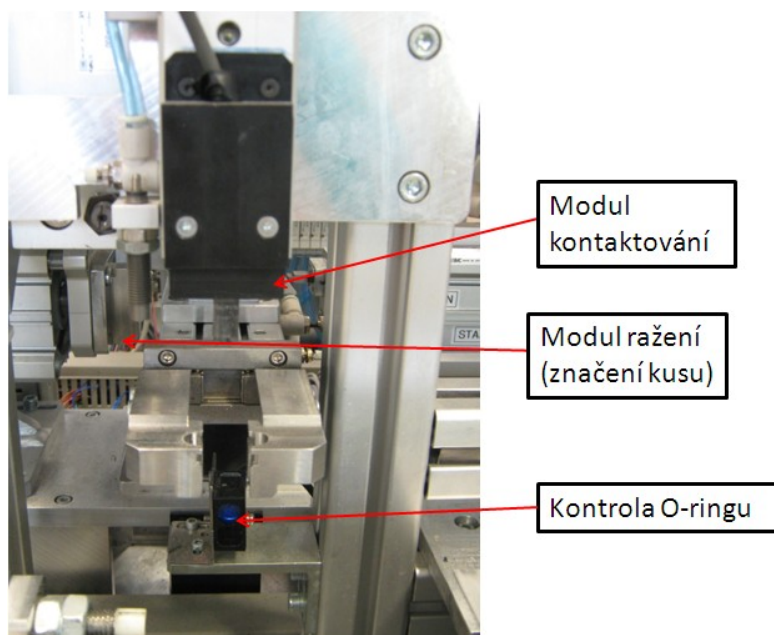
1.3 Rešerše obdobných pracovišť ve firmě Continental

Tato rešerše poukazuje na obdobné pracoviště na nichž se u nás vyrábějí výrobky podobné naším variantám R a P. Na obrázcích jsou vyznačeny zařízení, na kterých dochází ke kontrole výrobku a také ke značení. Mezi nejpoužívanější metody značení kusů, využíváme princip studeného ražení a značení již zmiňovaným INJEK systémem. Na obrázku.č.5 je ukázka karuselového systému kontroly výrobky.



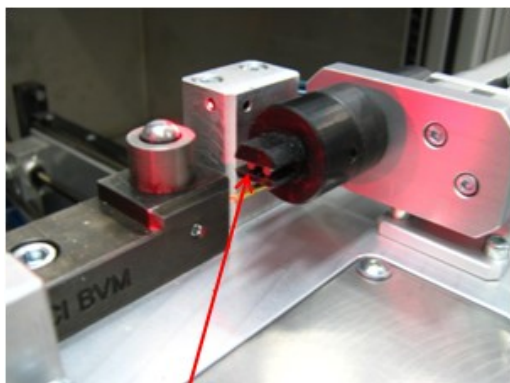
Obr. 5 Karusel

Další obrázek.č.6 znázorňuje rozestavěnou stanici konečné kontroly výrobku, v této stanici dochází ke studenému ražení za pomoci pneumatických válců, k měření elektrických vlastností výrobku a v poslední řadě kontrole O-ringů. Mezi další použitou operaci pro naše výrobky bude kontrola elektrických vlastností výrobku měřením elektrického odporu přes spínací jehličky.

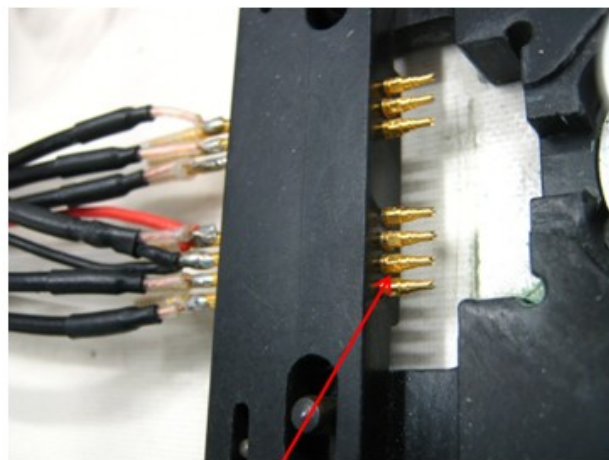


Obr. 6 Studené ražení

Pro tato měření jsou jako kontaktní spínače využívány spínací jehličky od firmy INGUN. Tyto jehličky se vyrábí v mnoha provedení. Nejvyšší důraz je zde kladen na tvar a materiál spínací části. Na obr. č.7 je znázorněno praktické využití spínacích jehliček



Spínací jehličky
GKS112 217 175N



Spínací jehličky
GKS100 201 090

Obr. 7 Spínací jehličky v praxi

Více informací o spínacích jehličkách na stránkách výrobce <http://www.ingun.de/>



Obr. 8 Spínací jehličky INGUN

1.4 Požadavky na nové pracoviště

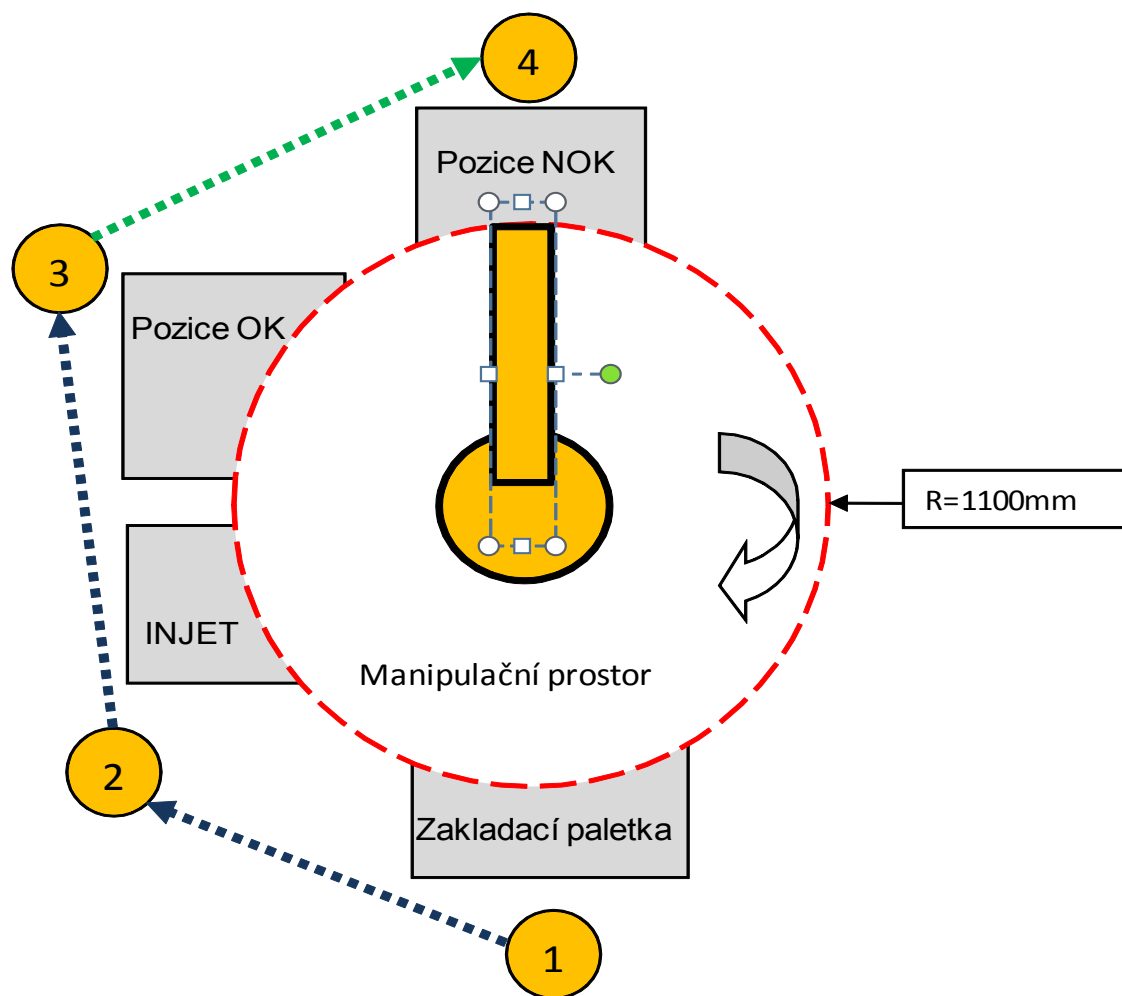
Požadavky na nové pracoviště finální kontroly výrobku jsou detailně zobrazeny v tabulce č.1 Jsou zde uvedeny strojní ukazatele, doplněny o ukazatele kvality. Nové pracoviště bude obsluhovat PR, tento PR bude manipulovat s oběma typy výrobku. Požadavkem je, aby při manipulaci PR robotem nedocházelo k poškození samotného výrobku. Současně musí být zajištěna bezpečnost personálu, který zajišťuje chod ostatních linek v okolí stanice finální kontroly našeho výrobku. Důležitým ukazatelem je CT, který je dán 20s na jeden výrobek, během této doby musí operátor založit výrobek do paletky, ve které budou proměřeny elektrické vlastnosti výrobku, po té PR odebere výrobek z paletky, s výrobkem odjede do pozice pro značení a v poslední řadě jej odloží do boxů pro dobré popřípadě špatné kusy.

Požadavek	Specifikace
Vyráběné množství pro každý typ výrobku	1 000 000 ks/rok
Životnost zařízení	Min. 5 let
Čas cyklu CT (cycle time)	20 s / kus
Přímé operace: - založení dílu	4s
čas stroje MT	16s / kus / operaci
Velikost kusu: (v x š mm)	(viz. příloha)
Napájecí napětí	230V / 50Hz
Tlak stlačeného vzduchu	6+/-0,5 barů
Povolený hluk	60dB 1m od zařízení
FPY	>99,5%
Spolehlivost (Uptime)	>95%
MCA – analýza způsobilosti zařízení	Cmk >2
R&R – opakovatelnost a reprodukovatelnost	R&R > 10%

Tabulka 1 Požadavky na novou linku




1.5 Rozvržení výrobní linky

Tato kapitola graficky popisuje tok materiálu a uspořádání jednotlivých pozic ve výrobní lince v půdorysném náčrtu. Jednotlivá stanoviště jsou popsána čísly 1-4. Tok materiálu je orientován zprava do leva. Manipulační prostor a rozmístění jednotlivých stanic je vyspecifikováno dle firemních standartu. Tudiž pro naší úlohu je důležitý manipulační prostor 1100mm.



Obr. 9 Rozvržení linky

Legenda

-  Pravidelný tok materiálu
-  Tok materiálu při NOK výrobku
-  Hranice pro manipulační dosah PR

V pozici č.1 probíhá zakládání výrobku, do této pozice operátor založí výrobek manuálně do fixačního přípravku. V této pozici je výrobek upnut a v přípravku následně změřen elektrický odpor. Po změření elektrických vlastností výrobku, PR odeberá výrobek a přemístí jej do pozice č.2, kde dochází ke značení výrobku technologií INJET. Po označení je výrobek přemístěn do pozice č.3, avšak za předpokladu, že kus byl vyhodnocen ve fixačním přípravku při měření elektrických vlastností jako OK. V případě špatného výrobku PR přenáší výrobek do pozice č.4 (pozice pro NOK kusy).

Manipulace s výrobku ve stanici konečné kontroly

Výrobky budou manuálně založeny do zakládacího přípravku. V tomto přípravku budou nainstalovány čidla pro detekci důležitých částí výrobku (O-kroužky, kovové kroužky). Zakládací přípravek musí obsahovat modul pro měření odporu daného senzoru, proto je zapotřebí přípravek vybavit modulem pro kontaktování. Po založení a zapozicování bude s těmito výrobky na dalších operacích manipulovat PR, je počítáno s manipulačním prostorem v rozsahu 1100mm. Výrobky budou za použití PR přesunuty do pozice pro OK kusy, v případě vyhodnocení špatného odporu budou PR přemístěny do pozice pro NOK kusy. Vzhledem k tomu, že v konečné operaci bude potřeba uvolnit výrobky do speciálních gravitačních regálů je potřeba volit PR se šesti stupni volnosti.

Hmotnost OM nebude vyšší než 350g. Konečný takt je 20s na jeden kus (včetně manipulace a všech procesů). Ve výrobním prostoru nebude potřeba žádné vyšší krytí. Jako zdroje energie pro PR a efektor lze použít elektrickou energii 230V/50Hz nebo stlačený vzduch do maximálního tlaku 0,8MPa.

Popis jednotlivých pozic

1. Pozice pro manuální zakládání do fixační paletky
2. Pozice pro značení (INKJET)
3. Pozice pro OK kusy
4. Pozice pro NOK kusy

1.6 Požadavky na PR

Na základě požadavku kladených na rozložení výrobní linky a požadavků na manipulaci, pracovní prostor, přesnost polohování byl vytvořen požadavkový list viz. tabulka č.2. U nosnosti je počítáno také s váhou samotného efektoru, která by dle prvotních předpokladů neměla překročit 1kg.

Požadavek na PR	
Požadavek	Specifikace
Počet Os	6
Min.zrychlení	2m/s ²
Min.rychlost	10m/s
Nosnost	1,35 kg
Manipulační rozsah	1100mm
Přesnost	±0,05mm
Pohon	Elektricky
Krytí	N/A
Pracovní teplota	ne
Prostředí se zvýšenou prašností	ne
Odolnost proti chemikáliím	ne
Pracovní teplota	15-35°C

Tabulka 2 Požadavky na PR

Na základě požadavkového listu tabulka č.2 je potřeba zvolit nejvhodnějšího PR, který by nejvíce vyhovoval požadavkům vyspecifikovaným v požadavkovém listu. Dle požadavku kladených na PR jsem si vypracoval řešerši PR od známých výrobců. Nejvíce jsem bral zřetel na manipulační prostor a následně nosnost PR při maximálním vyklopením ramene.

1.6.1 Rešerše PR



Obr. 10 IRB 1600

Manipulační prostor: 1450mm

Nosnost: 6kg

Hmotnost: 250kg

Přesnost: $\pm 0,05$ mm

Výrobce: ABB

Typ: IRB 1600-6-1,45 [8]



Obr. 11 Adept VIPER

Manipulační prostor: 1298mm

Nosnost: 5kg

Hmotnost: 78kg

Přesnost: $\pm 0,07$ mm

Výrobce: ADEPT

Typ: VIPER s1300 [9]



Obr. 12 FANUC M-10iA

Manipulační prostor: 1420mm

Nosnost: 10kg

Hmotnost: 130kg

Přesnost: $\pm 0,08$ mm

Výrobce: FANUC

Typ: M-10iA [10]



Obr. 13 KUKA KR5
arc

Manipulační prostor: 1411mm

Nosnost: 5kg

Hmotnost: 127kg

Přesnost: $\pm 0,04$ mm

Výrobce: KUKA

Typ: KR 5 arc [11]

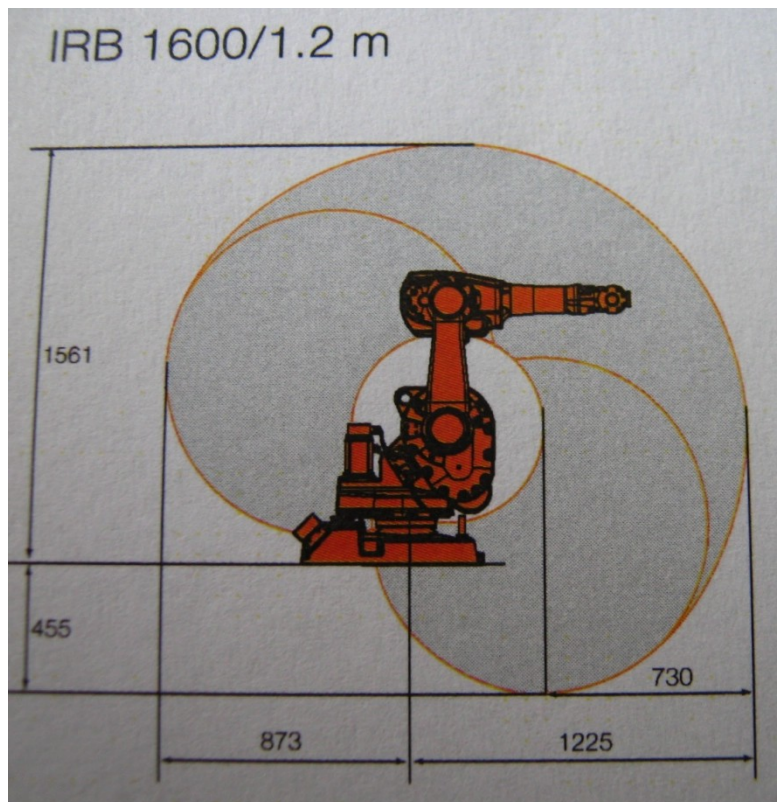
1.6.2 Zvolený PR na základě řešerše

Pro naši aplikaci jsem zvolil PR od firmy ABB s označením IRB 1600/1.2m. Důvod pro udržení robotů jsou ve firmě, který je nedílnou součástí pro návrh efektoru. Součástí přílohy je katalogový list s technickými údaji o tomto PR. V tabulce č.3 jsou uvedeny nejdůležitější parametry PR.

Základní informace	
Energie	200-600V, 50-60Hz
Spotřeba energie	0,58kW
Pracovní teplota	5-45°C
Hlučnost	max.70dB
Vlhkost	max.95%
Základna	484x648mm
Počet os	6
Nosnost	6kg
Man.prostor	1200mm
Přesnost	±0,05mm

Tabulka 3 IRB 160

Na obr.č.14 je znázorněn PR IRB 1600 s rozsahy manipulačního prostoru.



Obr. 14 Manipulační prostor PR

1.7 Požadavky na fixační přípravek

Na základě požadavku plynoucí ze způsobu zakládání, z požadavku na výrobní linku, fixace výrobku a kontaktování konektoru výrobku byl vytvořen požadavkový list na fixační přípravek. V tomto listě jsou uvedeny nejdůležitější informace pro návrh fixačního přípravku.

Obecné	
Požadavek	Specifikace
Vyráběné množství	3 000 000 ks/rok
Provoz	3 směnný
Smed (rychlá výměna)	ano
Životnost přípravku	Min. 5 let
Velikost kusu: (v x š mm)	(viz. příloha)
Počet přípravku na lince	jeden
Způsob fixace	Pneumaticky/mechanicky
Energie	stlačený vzduch 6 bar
Způsob založení	manuálně
Způsob vyjmutí	automaticky za využití PR
Detekce výrobku v přípravku	ano
Požadavek na fixaci kusu	
zdvih válce	10-20mm
pracovní tlak	0,6MPa
hlídání polohy	ano
tlumení koncových poloh	ne
Požadavek na měření el.vlastností	
pracovní zdvih	10mm
pracovní tlak	0,4MPa
hlídání polohy	ano
tlumení koncových poloh	ano
Typ spínacích jehliček	INGUN
Naměřená hodnota	20mΩ

Tabulka 4 Požadavkový list na fixační přípravek

2 Varianty řešení fixačního přípravku

Zpracoval jsem čtyři varianty fixačního přípravku na úrovni 3D modelů, během tvorby těchto variant řešení jsem vycházel z praktických zkušeností s podobnými přípravky.

Tyto čtyři varianty jsem označil písmeny A-D:

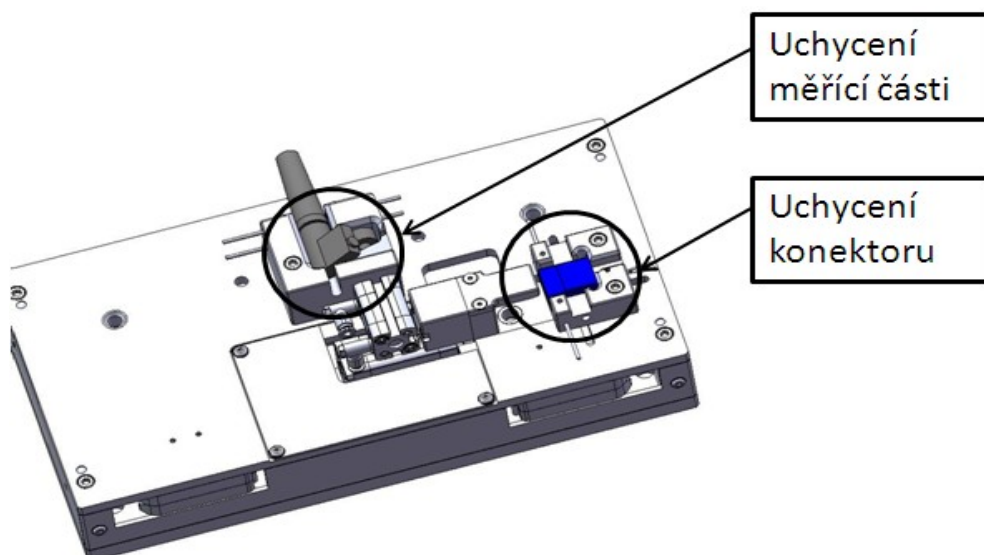
- Varianta A-tato varianta slouží pouze pro založení typu výrobku R, energie stlačený vzduch
- Varianta B-pouze pro založení výrobku P, energie stlačený vzduch
- Varianta C-pro založení obou typů výrobku, energie kombinovaná
- Varianta D-pro založení obou typů výrobku, energie stlačený vzduch

Tyto čtyři navržené varianty fixačního přípravku budou rozpracovány na úroveň 3D modelů. Varianty řešení byly navrženy s ohledem na požadavkový list fixačního přípravku. Nejdůležitějšími body při návrhu fixačního přípravku jsou:

- Fixace konektoru
- Fixace měřící části výrobku
- Měření elektrických vlastností výrobku v přípravku
- Kontrola přítomnosti výrobku

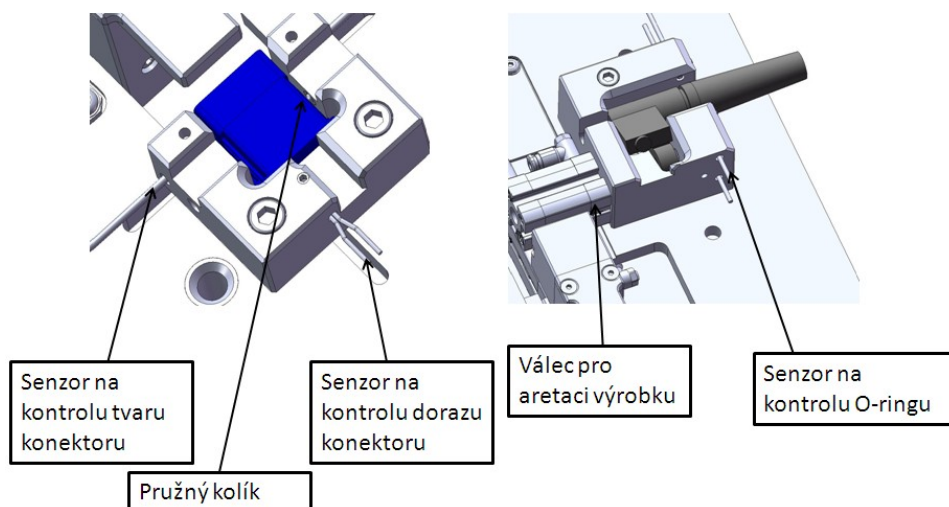
2.1 Varianta A

Varianta A byla navržena pouze pro založení výrobku typu R. Pro měřicí část výrobku byl vytvořen přípravek pro jeho založení a aretaci pomocí pneumatického válce. Přípravek obsahuje modul pro měření elektrických vlastností výrobku. Na obr.15 je znázorněn fixační přípravek varianty A.



Obr. 15 Varianta A

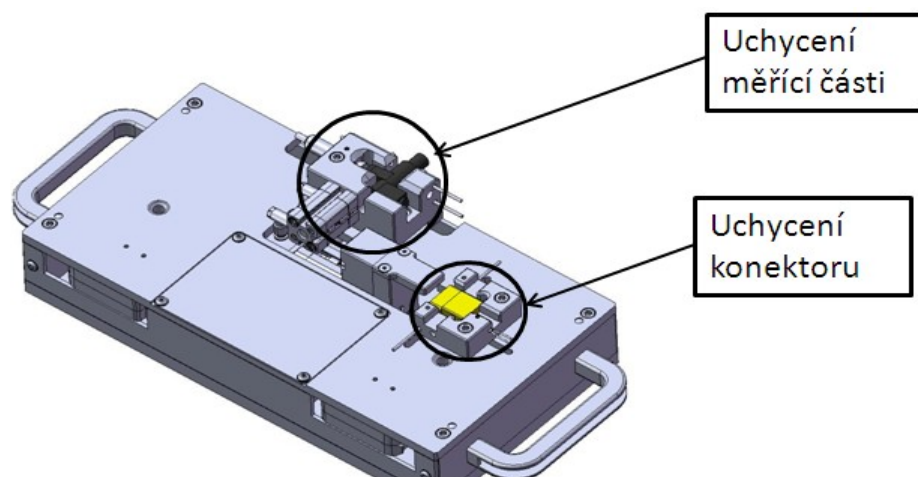
Na obr.16 jsou znázorněny detaily uchycení konektoru a měřicí části. Konektor leží v přesné drážce zajištěn pružným kolíkem s kuličkou. Správné založení konektoru kontrolu senzor pro kontrolu dorazu (mechanicky spínač. Konektor je také hlídán přes optická vlákna.



Obr. 16 Detail uchycení

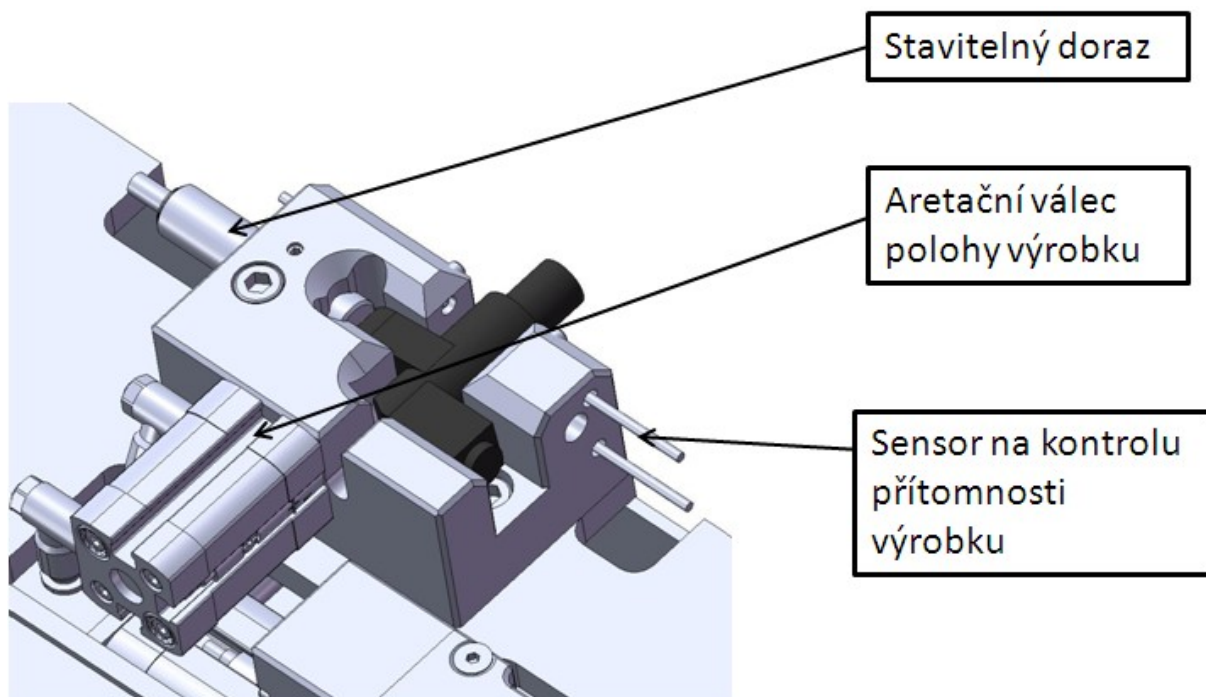
2.2 Varianta B

Tato varianta je ve své podstatě modifikace varianty A, a to s jediným rozdílem ve fixaci měřící části, jelikož měřící části jsou u obou typů variant výrobku odlišné. Na obr.17 je znázorněn základací přípravek varianty B. Fixace konektoru je převzata z varianty A.



Obr. 17 Varianta B

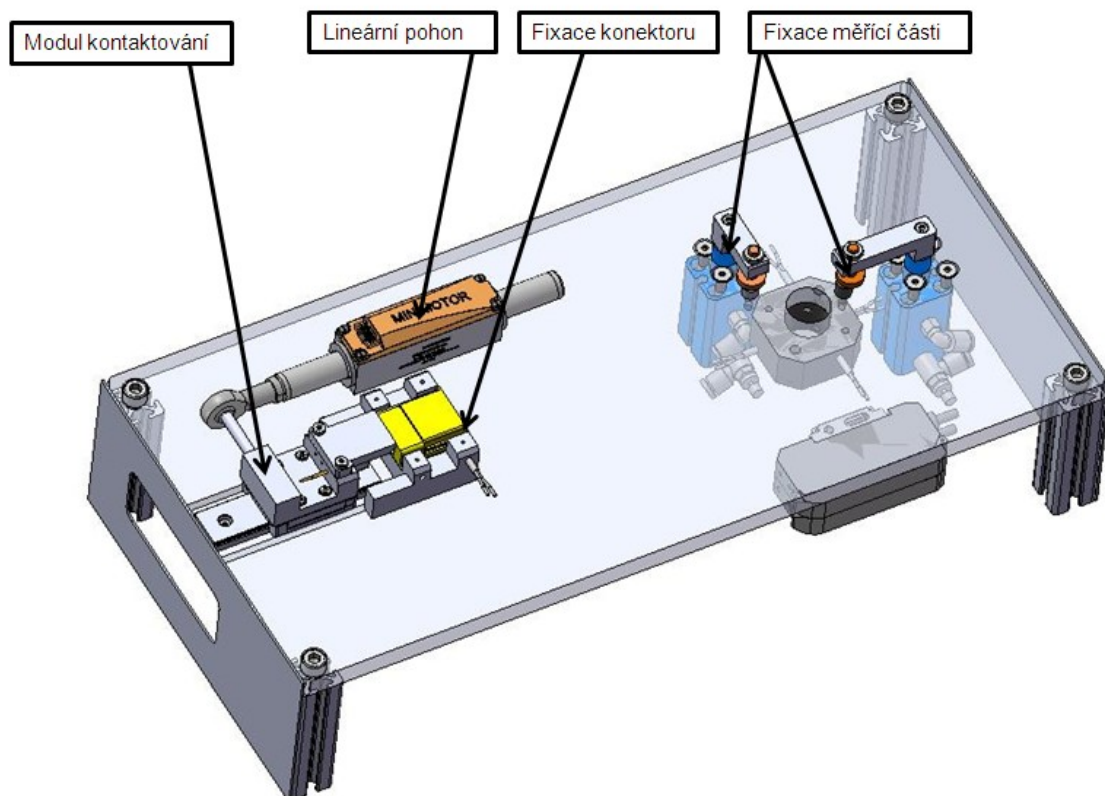
Uchycení měřící části je zde řešeno na podobném principu jako u varianty A, s tím rozdílem že přípravek je přizpůsoben vzhledem k tvaru měřící části. Detail uchycení je znázorněn na obrázku č.18.



Obr. 18 Detail varianty B

2.3 Varianta C

Tato varianta je navržena tak aby do přípravku bylo možno založit oba typy výrobku. Pohyb aktivních částí zde zajišťují pohony, jejichž vstupní energie je kombinace stlačeného vzduchu a elektrické energie.

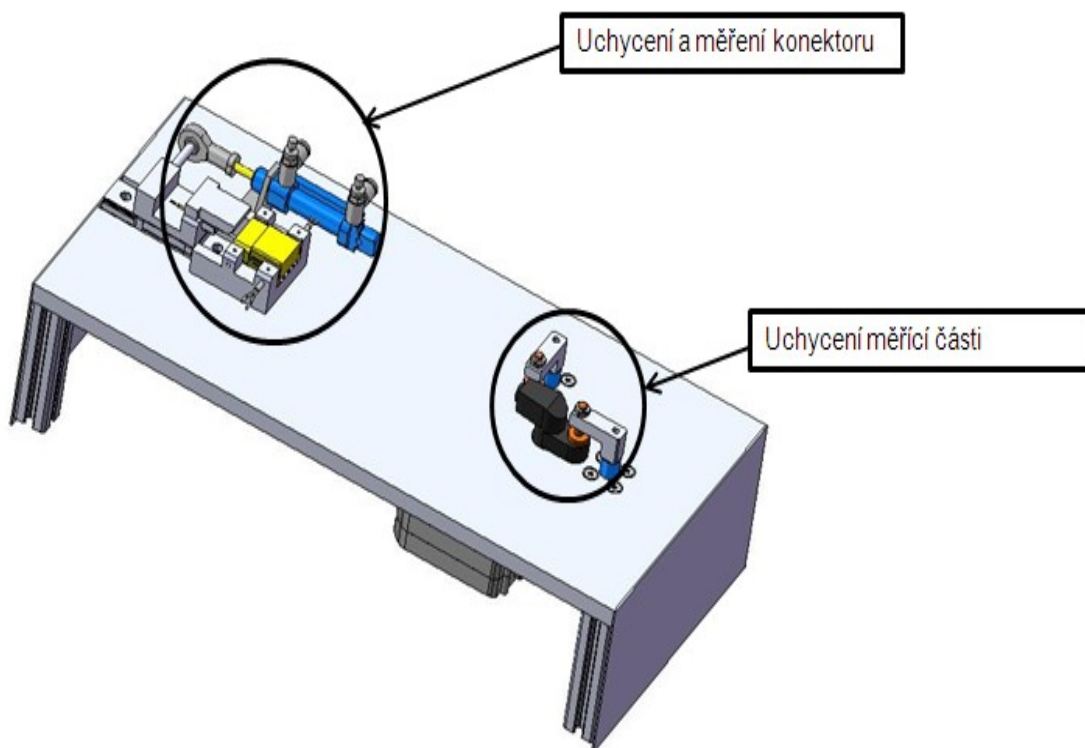


Obr. 19 Varianta C

Na obrázku č.19 je znázorněn fixační přípravek varianty C. Pro pohon modulu kontaktování je použito elektrického lineárního pohonu.

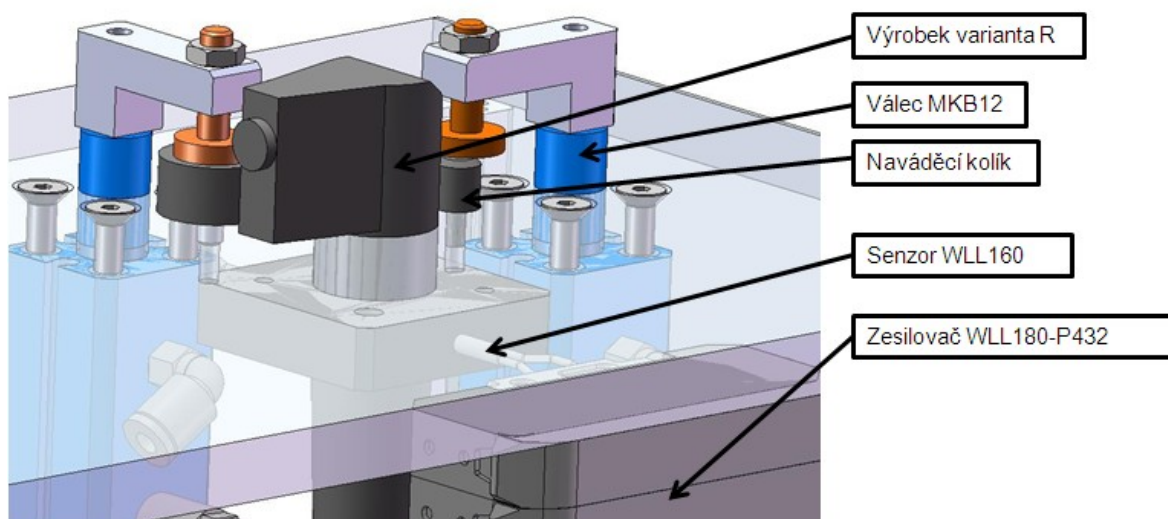
2.4 Varianta D

Přípravek je koncipován tak, že je do něj možné založit oba typy výrobku. Důležitými body pro zakládání jsou pozice konektoru a pozice měřené části. Za tyto dvě části je přípravek fixován. Způsob fixace konektoru je řešen přes pružné kolíky, ale také při najetí spínacích jehliček je konektor zajištěn v přípravku. Pro zajištění měřené části slouží speciální pneumatický modul s kombinovaným pohybem. Obrázek č.20 znázorňuje fixační přípravek s řešením uchycení jednotlivých komponentů. Vstupní energii pro pohony je stlačený vzduch.



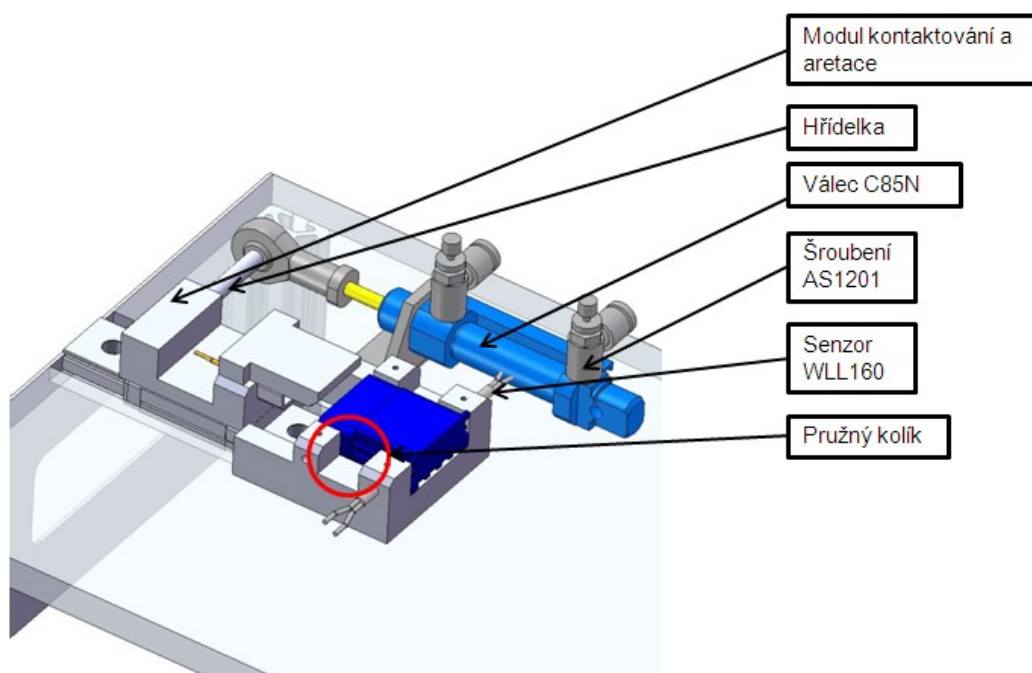
Obr. 20 Varianta D

Na obr. 21 je zobrazena v detailu část pro uchycení měřicí části obou variant výrobku. Přesná pozice je dosažena pomocí naváděcího kolíku, každá varianta výrobku má svůj naváděcí kolík. Pro dotlačení měřicí části byl použit pneumatický válec s kombinovaným pohonem (rotační a translační pohyb). Hlídní přítomnosti měřicí části je zajištěno přes optické vlákno WLL160 se zesilovačem.



Obr. 21 Detail fixace měřicí části

Obrázek č.22 vyobrazuje detail uchycení konektoru včetně přípravku pro měření elektrických vlastností výrobku.



Obr. 22 Detail uchycení konektoru

2.5 Hodnotová analýza

Pro výběr nejvhodnější varianty bylo použito hodnotové analýzy. Pro hodnotovou analýzu byla použita kombinace varianty A,B jako celek s řešením záměny přípravku dle aktuálního požadavku na typ výrobku ve výrobě. Dále varianta C a D obě tyto varianty univerzální pro oba typy výrobku, liší se pouze druhem použitých energií. Při stanovení kritérií jsem vycházel z praktických předpokladů. V tabulce č.5 jsou definována kritéria rozhodování. [5]

Jednotlivá kritéria rozhodování

označení kritéria	kriterium	charakteristika kritéria
K1	univerzálnost	univerzálnost použití
K2	složitost	složitost přípravku
K3	cena	cena přípravku/komponentu
K4	efektor	požadavky na efektor
K5	energie	nároky a spotřeba energií

Tabulka 5 Kritéria

Váha významnosti jednotlivých kritérií

kriterium	varianta A,B	varianta C	varianta D
K1-univerzálnost	nízka	vysoká	vysoká
K2-složitost	střední	střední	střední-vysoká
K3-cena	dva přípravky	jeden přípravek	jeden přípravek
K4-efektor	potřeba dvou efektorů	univerzální efektor	univerzální efektor
K5-energie	stlačený vzduch	elektrická	Stlačený vzduch

Tabulka 6 Hodnocení kritérií

Možné ohodnocení kritérií

Vysoká úroveň	6b
Dobrá úroveň	5b
Průměrná úroveň	4b
Nízká úroveň	3b
Nevyhovující úroveň	2b
Nepříznivý stav	1b

Zhodnocení kritérií pro jednotlivé varianty

	kriterium 1	kriterium 2	kriterium 3	kriterium 4	kriterium 5
varianta A,B	1	2	4	1	5
varianta C	5	3	3	5	5
varianta D	5	4	4	5	4

Tabulka 7 Zhodnocení kritérií

Váha významnosti pro jednotlivých kritérií

Porovnané páry kritérií				počet voleb v	pořadí	váha významnosti q
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	3,5	2	1,875
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	2	3	1,5
		K3 K4	K3 K5	1	4	1,25
			K4 K5	4	1	2
				0	5	1

Tabulka 8 Váha významnosti jednotlivých kritérií

Pro váhu významnosti q jsem zvolil lineární závislost: $q=0,25 \times V$ 1

2.5.1 Výpočet vážených indexu jednotlivých variant

Kritérium	Varianta A,B		
	Hodnota	Váha významnosti kritériá q	Vážený index kritéria lij
K1	1	1,875	1,875
K2	2	1,5	3
K3	4	1,25	5
K4	1	2	2
K5	5	1	5
Celkový součet vážených indexů lij			16,875

Tabulka 9 Výpočet vážených indexů varianty A,B

Kritérium	Varianta C		
	Hodnota	Váha významnosti kritériá q	Vážený index kritéria lij
K1	5	1,875	9,375
K2	3	1,5	4,5
K3	3	1,25	3,75
K4	5	2	10
K5	5	1	5
Celkový součet vážených indexů lij			32,625

Tabulka 10 Výpočet vážených indexů varianty C

Kritérium	Varianta D		
	Hodnota	Váha významnosti kritériá q	Vážený index kritéria lij
K1	5	1,875	9,375
K2	4	1,5	6
K3	4	1,25	5
K4	5	2	10
K5	4	1	4
Celkový součet vážených indexů lij			34,375

Tabulka 11 Výpočet vážených indexů varianty D

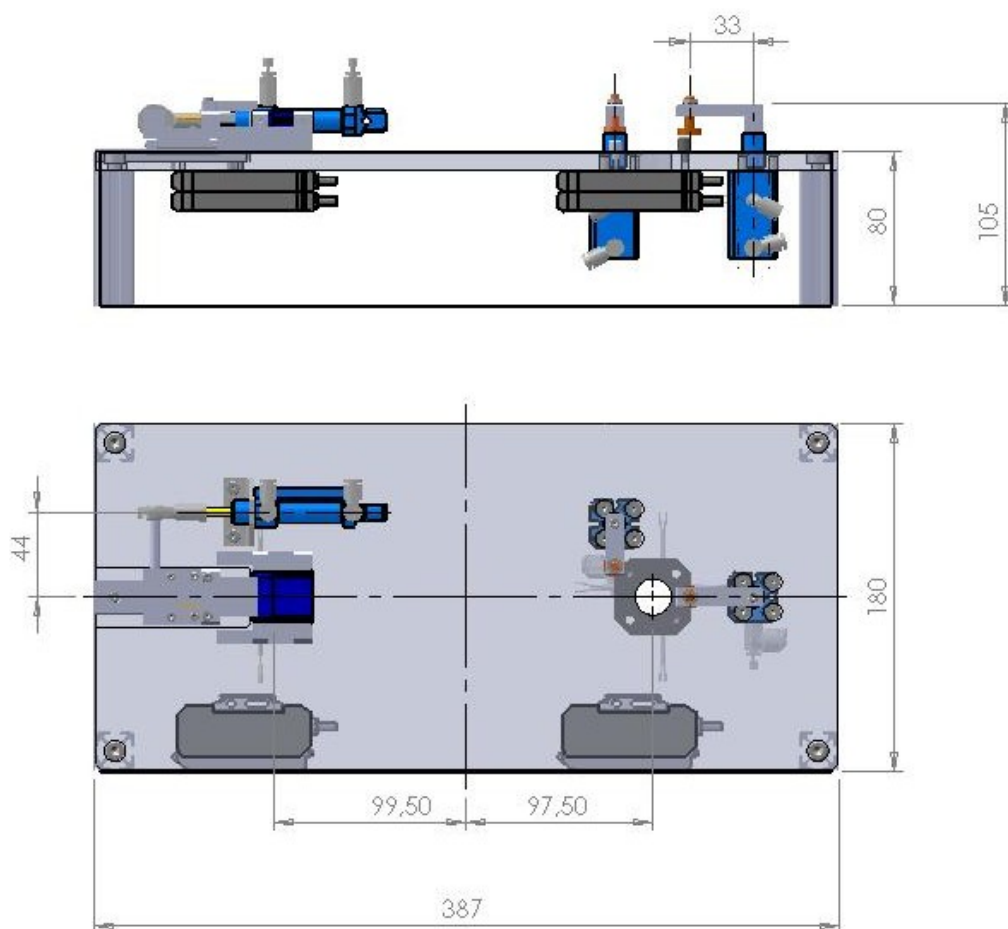
Na základě hodnotové analýzy jsem se rozhodl pro rozpracování varianty přípravku D. Vycházel jsem z celkového součtu vážených indexů.

3 Návrh fixačního přípravku

Tato kapitola popisuje detailně fixační přípravek varianty D. Zaměřuje se především na návrh fixačních částí přípravku, včetně kontroly přítomnosti výrobku.

Hlavní rozměry fixačního přípravku

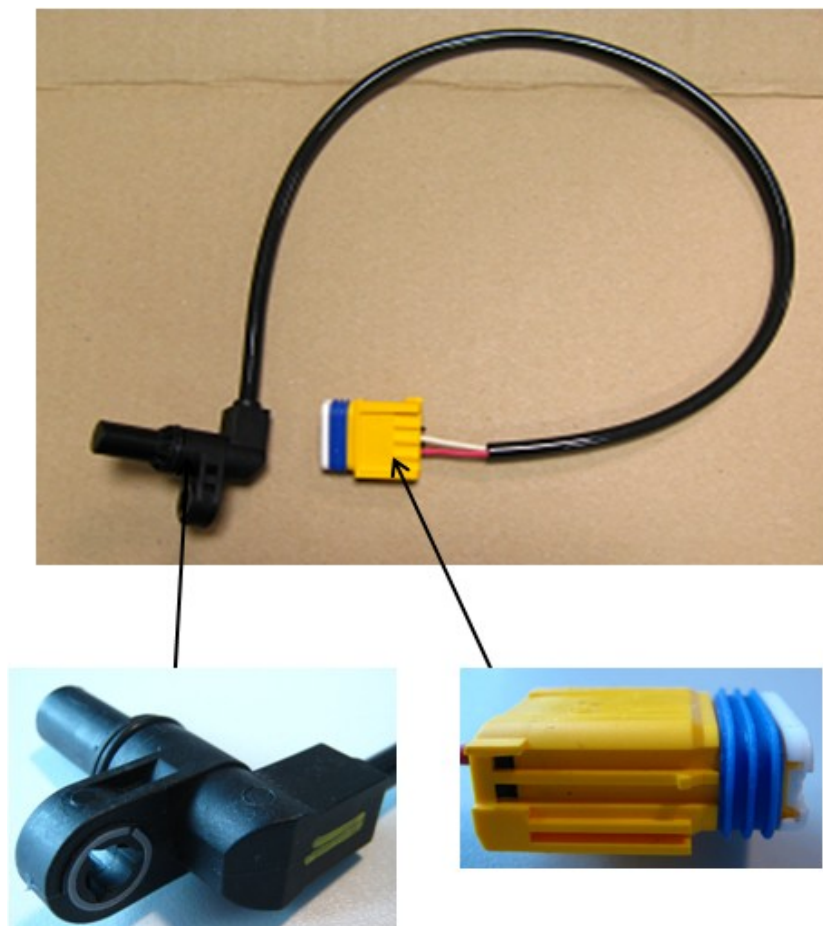
Na obrázku.23 je zobrazen fixační přípravek včetně nejdůležitějších rozměrů. Půdorysné rozměry přípravku jsou 180x387mm.



Obr. 23 Hlavní rozměry přípravku

3.1 Fixace výrobku v přípravku

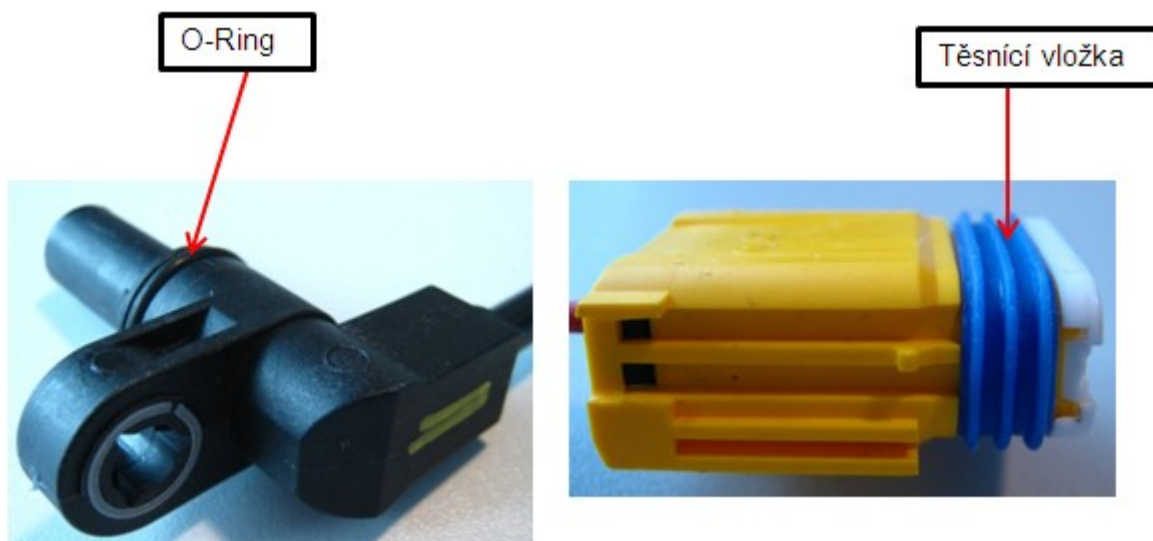
Výrobek je potřeba upnout v přípravku, tak aby bylo následně jeho možné odebrání efektem PR. Proto je nutné ho bezpečně zajistit proti posunutí a uvolnění z přípravku. V přípravku bude výrobek fixován ve dvou bodech a to v bodě A za konektor a v bodě B za měřicí část. U obou těchto dílců je potřeba vytěžit maximum z jejich tvaru pro správný návrh základacích bodů. U konektoru lze vycházet z drážek po jeho boku u měřicí části se bude potřeba zaměřit na montážní otvor. Při návrhu fixačního přípravku je potřeba brát zřetel také délku kabelu.



Obr. 24 Detail výrobku P

3.2 Senzory

Senzory ve fixačním přípravku slouží k hlídání správné pozice založení konektoru a měřicí části výrobku, ale slouží také jako kontrola zdali je konektor vybaven vnější těsnicí vložkou. Na měřicí části je potřeba hlídat zdali je osazena těsnícím O-kroužkem.



Obr. 25 Kontrolované části na výrobku

Pro tyto aplikaci bude potřeba zvolit nejspolehlivější senzory, aby zajistili 100% kontrolu.

Senzory pro hlídání přítomnosti konektoru a přítomnosti O-kroužku

Pro tuto aplikaci jsou použity senzory na principu optické závory. Tyto senzory se nazývají v praxi také optická vlákna. Pokud je výrobek správně založen tyto senzory se rozeznou a vyhodnotí proces jako správný. Tedy slouží pro detekci konektoru ve fixačním přípravku. Zvolili jsme optické vlákno od firmy SICK s označením **LL3-DK04**.

Pro optické senzory: WLL160(T), WLL170-2/WLL170T-2, WLL180T, WLL190T-2

Délka instalační části: 2 m

Materiál pouzdra: PE

Materiál jádra: PMMA

Materiál objímky: Nerez ocel

Průměr: 1.3 mm

Rozměr objímky: Ø 3 mm

Ohyb kabelu: 25 mm

Pracovní teplota: -40 °C ... 70 °C

Minimální velikost snímaného objektu: 0.015 mm



Obr. 26 Optické vlákno

K těmto optickým vláknům je dále potřeba připojit optický senzor, který přijímá signály přicházející z optického vlákna. Tyto optické senzory dodává standardně firma SICK. Pro naše optické vlákno jsme použili optický senzor s označením **WLL180T-P432**

Popis

Rozměry (Š x V x D): 10.5 mm x 34.6 mm x 71.9 mm

Rozsah: 0 m ... 20 m

Světelný zdroj: LED

Typ světla: viditelné

Délka vlny: 650 nm

Krytí: IP 50

Napětí: 12 V DC ... 24 V DC

Spotřeba energie: ≤ 50 mA

Výstup: PNP

$I_{max.} \leq 100$ mA

Čas odezvy: ≤ 2 ms, ≤ 8 ms, ≤ 16 μ s, ≤ 70 μ s

Spínací frekvence: 31.2 kHz, 7.1 kHz, 2 kHz, 250 Hz, 62.5 Hz

Materiál kabelu: PVC

Třída ochrany: 3

Materiál těla senzoru: ABS/PC

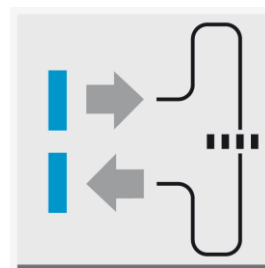
Pracovní teplota: -25 °C ... 55 °C

Maximální skladovací teplota: -40 °C ... 70 °C

Úhel rozptylu: cca. 65 °



Obr. 27 Zesilovač WLL180T-P432



3.3 Pohony pro pohyblivé části přípravku

Pro fixační pohyby základacího přípravku je potřeba zvolit vhodné pohony. V této aplikaci připadají v úvahu pneumatické pohony menších rozměru. Požadavky na vyvozenou sílu nejsou u potřebného pohybu jakkoliv vysoké (pohon je potřeba pouze pro posuv hlavice se spínacími jehličkami pro kontakt s piny). Jako pohony mohou být použity pneumatické moduly různých provedení.

3.3.1 Návrh pohonu

Pro návrh pohonu bude důležitá síla, která nakontaktuje piny konektoru, tedy bude potřeba překonat sílu na testovacích jehličkách a hmotnost modulu pro měření. Síla jedné jehličky je dle dodavatele 1N.

Síla jehličky 1N

Požadována rychlost $0,1 \text{ m.s}^{-1}$

Hmotnost modulu 0,15kg

Požadované zrychlení $0,1 \text{ m.s}^{-2}$

Potřebná síla pro pohon modulu

$$\begin{aligned} F &= n \cdot a + \tau_{jehl} \\ F &= 1,15 \cdot 0,1 + 1 \\ F &= 1,015 \text{ N} \end{aligned} \quad (1)$$

Potřebná síla přepočtena včetně koeficientu bezpečnosti

$$\begin{aligned} F_{CP} &= \tau_p \cdot k \\ F_{CP} &= 1,015 \cdot 2,5 \\ F_{CP} &= 2,54 \text{ N} \end{aligned} \quad (2)$$

Ve výpočtovém vztahu č.2. jsem výpočtenou sílu přepočtl s koeficientem k, tento koeficient se v praxi využívá při návrhu pohonu, eliminuje možné ztráty v pneumatickém okruhu, eliminuje tření na lineárním vedením a také možné problémy se spínací jehličkou.

Pohon musí vyvinout sílu 2,54N.

3.3.2 Rešerše modulu s lineárním vedením

Rešerše zabývající se pneumatickými pohony v kombinaci s lineárním vedením. Tyto jednotky se v automatizaci těší velké oblibě. Tato rešerše je zaměřuje na moduly menších rozměru, mezi nejdůležitější parametry je třeba uvést: zdvih, sílu, přesnost, zástavbové rozměry. Tyto moduly mohou být použity pro kontaktovací část přípravku.

obrázek	specifikace	
	výrobce	FESTO
	Označení	MXH
	velikost	10
	přesnost	$\pm 0,05\text{mm}$
	zdvih	15
	průměr pístu	10mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa

obrázek	specifikace	
	výrobce	SMC
	Označení	MXH
	velikost	10
	přesnost	$\pm 0,05\text{mm}$
	zdvih	15
	průměr pístu	10mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa

obrázek	specifikace	
	výrobce	FESTO
	Označení	MXH
	velikost	10
	přesnost	$\pm 0,05\text{mm}$
	zdvih	15
	průměr pístu	10mm
	síla	94N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa

obrázek	specifikace	
	výrobce	SMC
	Označení	MXJ
	velikost	15
	přesnost	$\pm 0,05\text{mm}$
	zdvih	15
	průměr pístu	6mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa

obrázek	specifikace	
	výrobce	BOSCH
	Označení	MXH
	velikost	10
	přesnost	$\pm 0,05\text{mm}$
	zdvih	15
	průměr pístu	10mm
	síla	94N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa

obrázek	specifikace	
	výrobce	BOSCH
	Označení	MSC-E
	velikost	8
	přesnost	$\pm 0,05\text{mm}$
	zdvih	15
	průměr pístu	8mm
	síla	48N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa

3.3.3 Rešerše pneumatických pohonů

Rešerše se zaměřuje na průzkum trhu s výrobcí pneumatických modulů určených pro fixaci kusu. V našem případě pro pohon kontaktovacího přípravku, fixaci kusu apod.

Rešerše pohonů pro fixaci

obrázek	specifikace	
	výrobce	FESTO
	Označení	ADN
	velikost	12
	typ	ISO 21287
	zdvih	10mm
	průměr pístu	12mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl.vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa



obrázek	specifikace	
	výrobce	SMC
	Označení	C55
	velikost	20
	typ	ISO 6432
	zdvih	10mm
	průměr pístu	20mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl.vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa



obrázek	specifikace	
	výrobce	FESTO
	Označení	DSNU
	velikost	12
	typ	ISO 6432
	zdvih	10mm
	průměr pístu	12mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl.vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa



obrázek	specifikace	
	výrobce	SMC
	Označení	C85
	velikost	12
	typ	ISO 6432
	zdvih	10mm
	průměr pístu	12mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl.vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa



obrázek	specifikace	
	výrobce	BOSCH
	Označení	DSNU
	velikost	12
	typ	ISO 6432
	zdvih	10mm
	průměr pístu	12mm
	síla	68N
	hmotnost	
	hlídání polohy	Ano
	Energie	Stl.vzduch
	tlak vzduchu	0,5MPa

3.4 Modul pro kontaktování konektoru

Tento modul je součástí aktivní fixace konektoru, slouží také pro změření odporu na pinech konektorové části. Piny jsou kontaktovány pomocí speciálních jehliček od firmy INGUN. Tyto jehličky jsou vysouvány a zasouvány pomocí pneumatického válce v kombinaci s lineárním vedením. Parametry pro tento pneumatický pohon byly vyspecifikovány v požadavkovém listě na základě zkušenosti s kontaktováním pinu u předešlých zařízení. Primární funkcí tohoto modulu je nakontaktování pinů konektor, další funkcí modulu je přesná aretace a ustavení konektoru. Modul je osazen pouzdry KS075 do nichž se zasouvají spínací jehličky GKS075. Pro pohon modulu slouží pneumatický válec CD85N10.



Obr. 28 CD85-10D

Technické údaje

Ø pístu [mm]	8	10	12	16	20	25
Ø pístnice [mm]	4	4	6	6	8	10
Závit pístnice	M4 x 0,7	M4 x 0,7	M6 x 1	M6 x 1	M8 x 1,25	M10 x 1,25
Přívod vzduchu	M5	M5	M5	M5	G1/8	G1/8
Funkce	jednočinný s pístnicí pružinou vysunutou/zasunutou					
Médium	stlačený vzduch, filtrovaný (5 µm), nemazaný nebo přimazávaný					
Zkušební tlak [MPa]	1,5					
Max. provozní tlak [MPa]	1,0					
Min. provozní tlak [MPa]	0,22	0,18		0,13		0,23
Teplota média a okolí [°C]	-20 až 80 (se snímači polohy: -10 až 60)					
Tlumení	elastomerové					
Mazání	nevyžaduje se (mažete-li, používejte turbínový olej ISO VG32 dle ISO3448)					
Rychlost pístu [mm/s]	50 až 1500					
Maximální kinetická energie [J]	0,02	0,03	0,04	0,09	0,27	0,4
Tolerance úhlu natočení pístnice (provedení „K“)	±1° 30'	±1° 30'	± 1°	±1°	±0° 42'	±0° 42'
Tolerance zdvihu	0/+1				0/+1,4	

Obr. 29 Parametry pohonu C85-10D

Síla pružiny pneumatického válce **6,28N**

3.5 Návrh lineárního vedení

Lineární vedení bude zatěžováno silou a momentem od pneumatického pohonu.

Obrázek.

$a=32\text{mm}$

$F=6,2\text{N}$

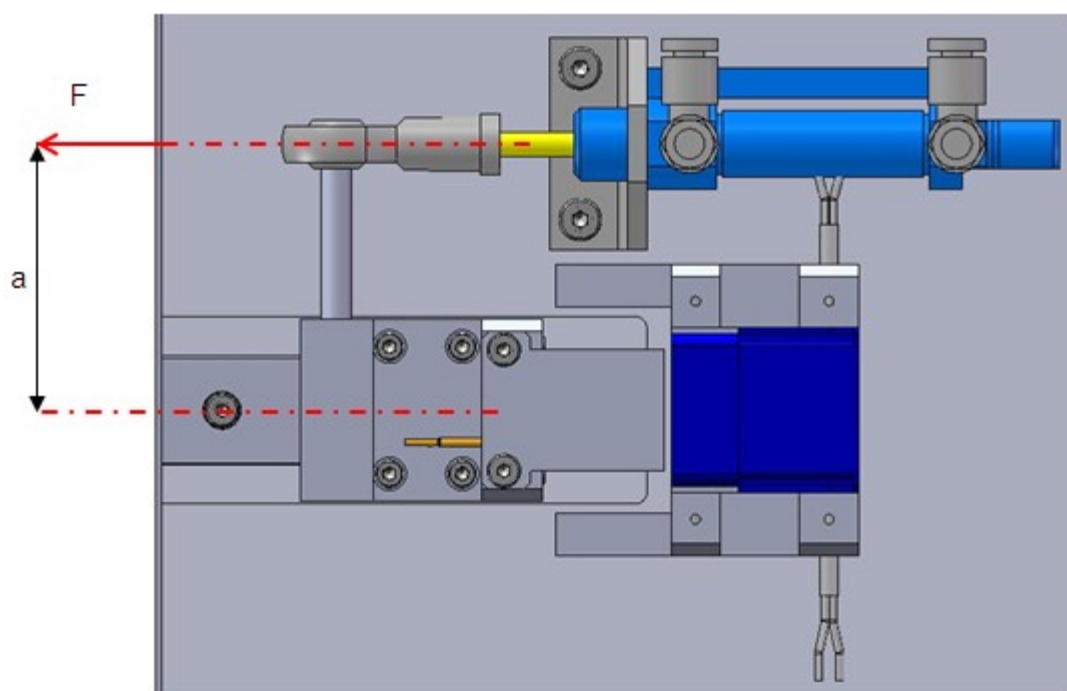
Moment působící na lineární vedení

$$M_R = F \cdot a$$

$$M_R = 6,2 \cdot 0,032$$

$$M_R = 0,199\text{N.m}$$

(3)



Obr. 30 Návrh vedení

3.5.1 Lineární vedení

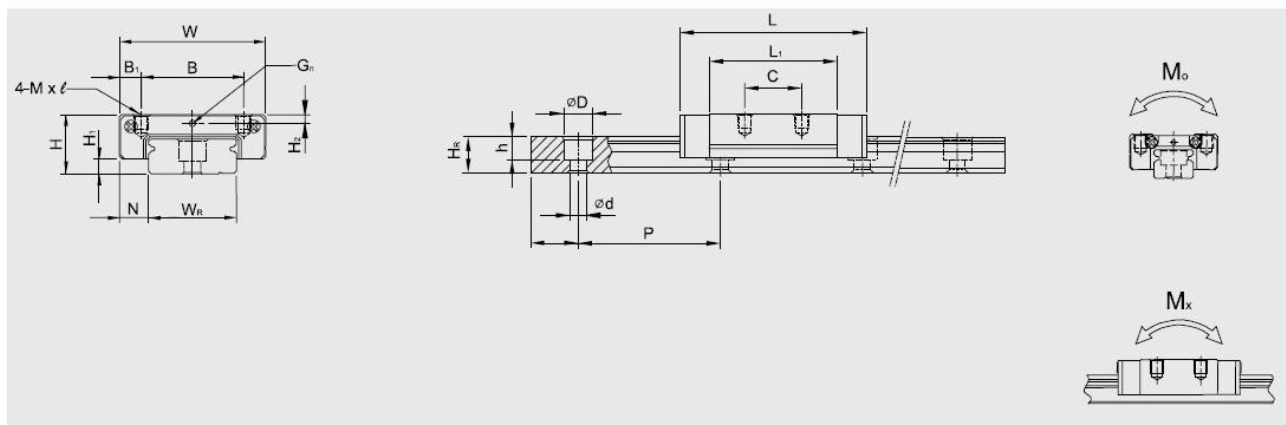
Aby se modul pro kontaktování a aretaci konektoru mohl posouvat bylo zde potřeba navrhnout lineární vedení. Jelikož zde nebude potřeba přenášet vysoké síly, použili jsme miniaturní lineární vedení s označením MGW9. Tyto lineární vedení dodává firma HIWIN s.r.o. [14]

Parametry



Obr. 31 Vedení MGW9

Charakteristika lineárního vedení



Obr. 32 Rozměry vedení

Rozměry

W	30mm
B	21mm
H	12mm
N	6mm
L	39,9mm
C	12mm
Mo	15,28N.m

Výpočet nominální životnosti lineárního vedení.

$$L = \left(\frac{2800}{6} \right)^3 \cdot 50000 \quad (4)$$

$$L = 1,1 \cdot 10^{12} \text{ hod}$$

Výpočet nominální životnosti včetně okolních faktorů

f_H -faktor tvrdosti

f_T -faktor teploty

f_W -faktor zatížení

P-dynamické ekvivalentní zatížení (N)

C_{dyn} -dynamická únosnost

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot C_{dyn}}{f_W \cdot P} \right)^3 \cdot 50000 \quad (5)$$

$$L = \left(\frac{1,1 \cdot 2800}{1,6} \right)^3 \cdot 50000$$

$$L = 1,8 \cdot 10^{12} \text{ hod}$$

Vozík je z hlediska zatížení a životnosti značně předimenzován, mohl jsem zvolit vozíky menších rozměrů, ale tyto se běžně používají a jsou dostupné v interním skladu.

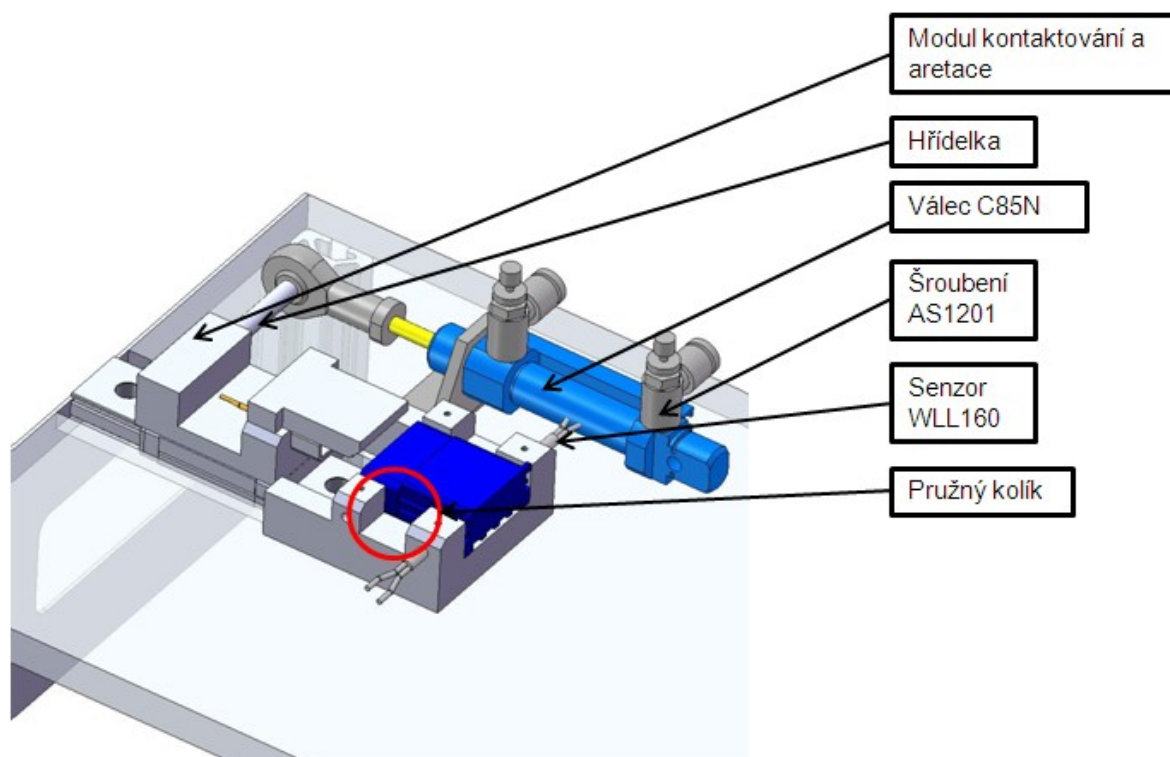
Katalogové označení vozíku a kolejnice

Označení vozíku **MGW9CZ1CM**

Označení kolejnice **MGWR9R80CM**

3.6 Detail částí pro uchycení konektoru

Na obrázku 33 je znázorněn detail uchycení konektoru, včetně modulu pro kontaktování s příslušným pohonem.



Obr. 33 Detail uchycení konektoru

3.7 Spínací jehličky

Jelikož na typu výrobku A i B je stejný konektor použil jsem jeden typ spínacích jehliček. Jehličky od firmy INGUN s označením GKS075. K příloze je přidán katalogový list k těmto jehličkám, kde se uživatel dozví užitečné informace o funkci, ale především jak danou jehličku použít na zvolené aplikaci. [15]



Obr. 34 Spínací jehlička GKS075

Charakteristika

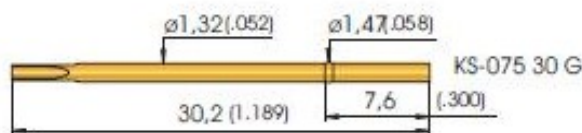
Pracovní zdvih: 4,3 mm

Maximální zdvih: 6,35 mm

Síla pružiny: 2,0 N

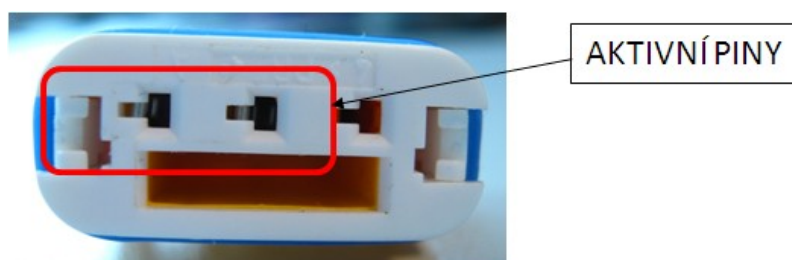
Pouzdra

Pouzdra slouží pro přesné ustavení spínací jehličky, jehličky jsou velice náchylné na mechanické poškození, díky těmto pouzdrům je možná jejich snadná výměna.



Obr. 35 Pouzdro KS-075

Na obrázku č.36 je v detailu znázorněn konektor, tento má dva aktivní piny, které je potřeba nakontakovat, abychom zjistili, zda je výrobek funkční.

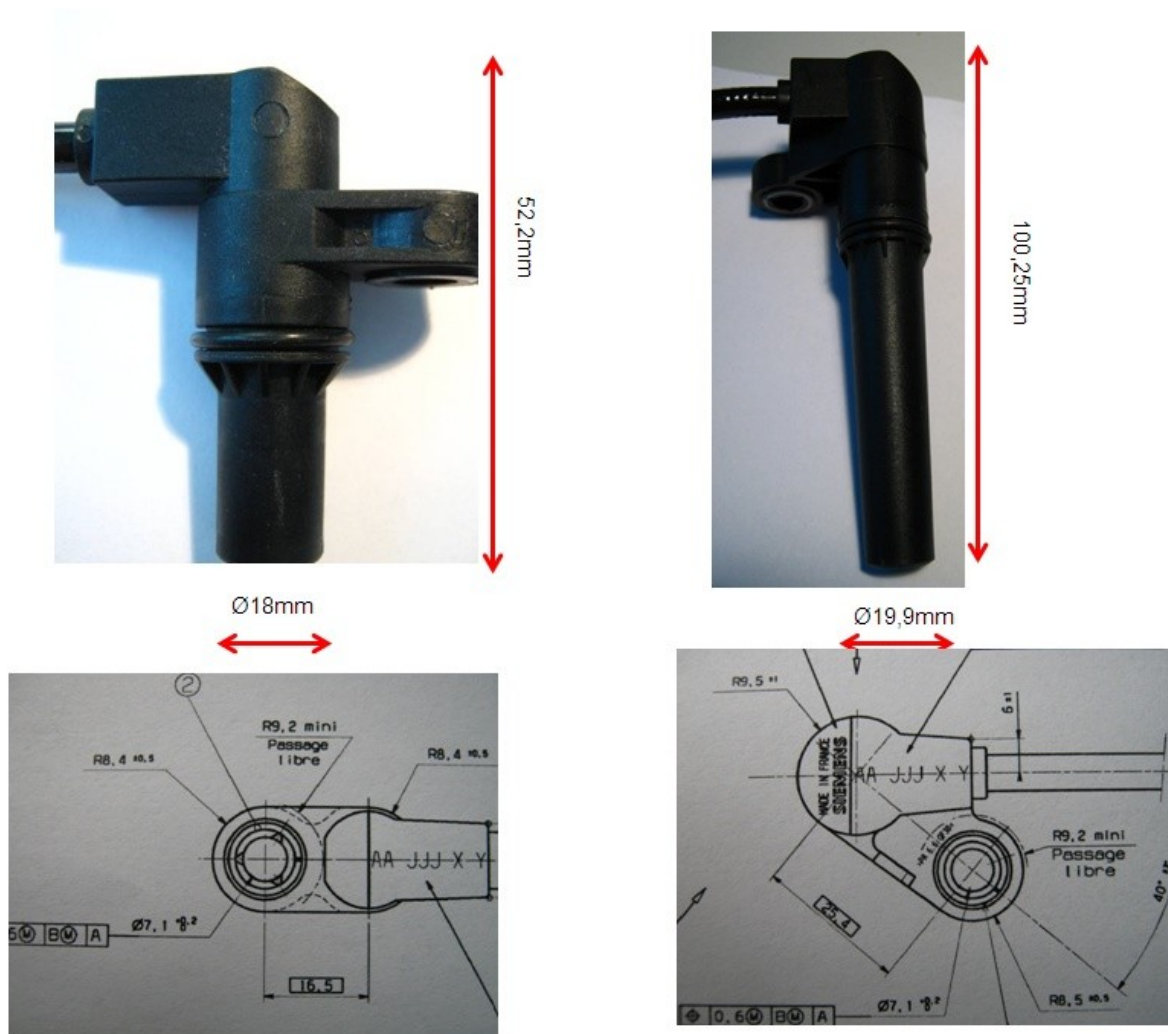


Obr. 36 Detail konektoru s piny

3.8 Fixace měřicí části výrobku

Tato část kapitoly popisuje způsob fixace měřících částí u výrobku A a B, návrh této fixace je náročnější než u předešlé fixace konektoru z toho důvodů že tyto komponenty jsou u výrobku tvarově odlišné.

Rozměrová a tvarová odlišnost typu A a B



Obr. 37 Detail měřících částí

3.8.1 Řešení fixace pro měřicí část výrobku

Pro způsob fixace jsme použili speciální pneumatické pohony od firmy SMC, který vykonávají současně posuvný a rotační pohyb. Tyto pohony slouží pro zamknutí výrobku ve fixačním přípravku. Tato část byla navržena se dvěma pohony, zvlášť pro výrobek typu R a zvlášť pro výrobek typu P. [12]

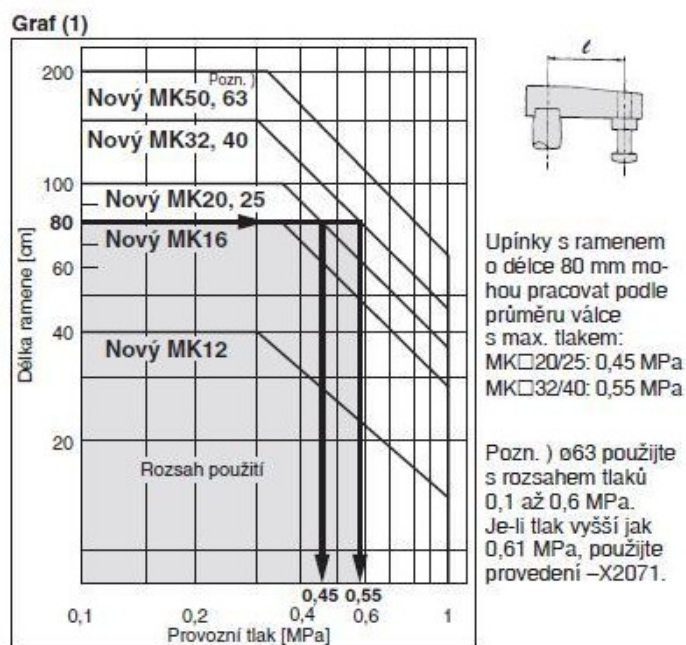
Pneumatický pohon s označením MKB12 od firmy SMC.

Technické údaje

Ø pístu	12mm
Úhel otáčení	90°±10°
Zdvih při otočení	7,5mm
Dovolený moment	1N.m
Síla upnutí	40N
Provozní tlak	0,1-1MPa
Přívod vzduchu	M5x0,8
Rychlost pístu	50-200mm/s
Úhlová odchylka	±1,4°



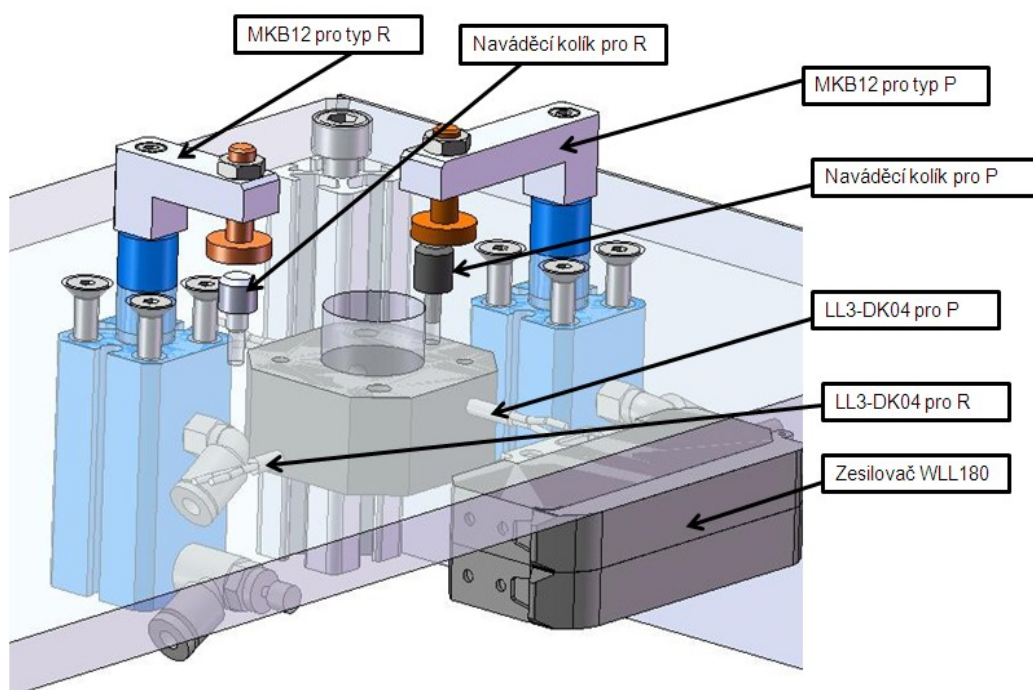
Obr. 38 MKB12



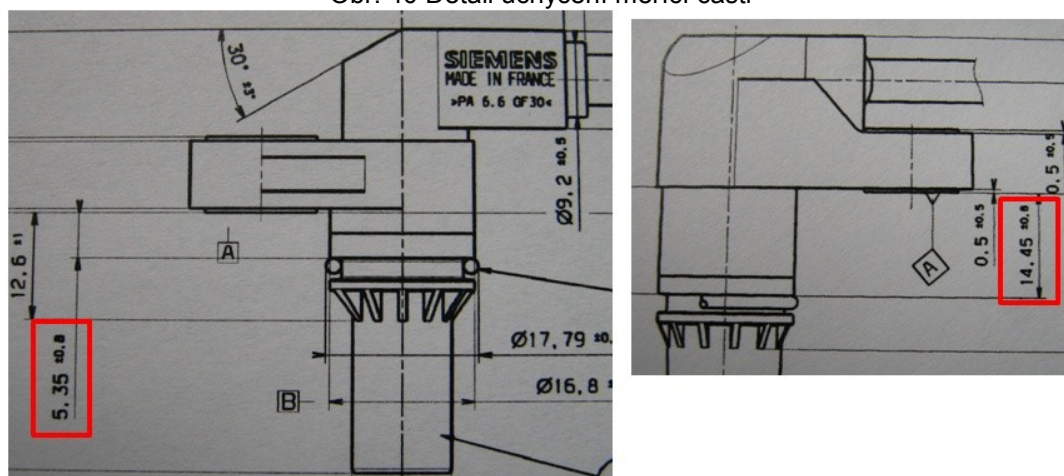
Obr. 39 Dovolený ohybový moment

Detail fixace měřicí části v přípravku

Na obrázku č. 40 je znázorněn detail uchycení výrobku R, nejdůležitějším komponentem v této části jsou speciální pneumatické válce s označením MKB12, které zajišťují aktivní fixaci výrobku. Každá varianta výrobku má svůj pneumatický pohon. Pro hlídání přítomnosti výrobku a těsnícího O-ringu jsou použity senzory s označením LL3-DK04. Tyto senzory jsou na tuto aplikaci v praxi běžně užívané. Každá varianta výrobku musí mít zajištěno vlastní hlídání O-ringu, jelikož vzdálenosti od dosedací plochy vůči O-ringu jsou rozdílné viz. Obr. 41.



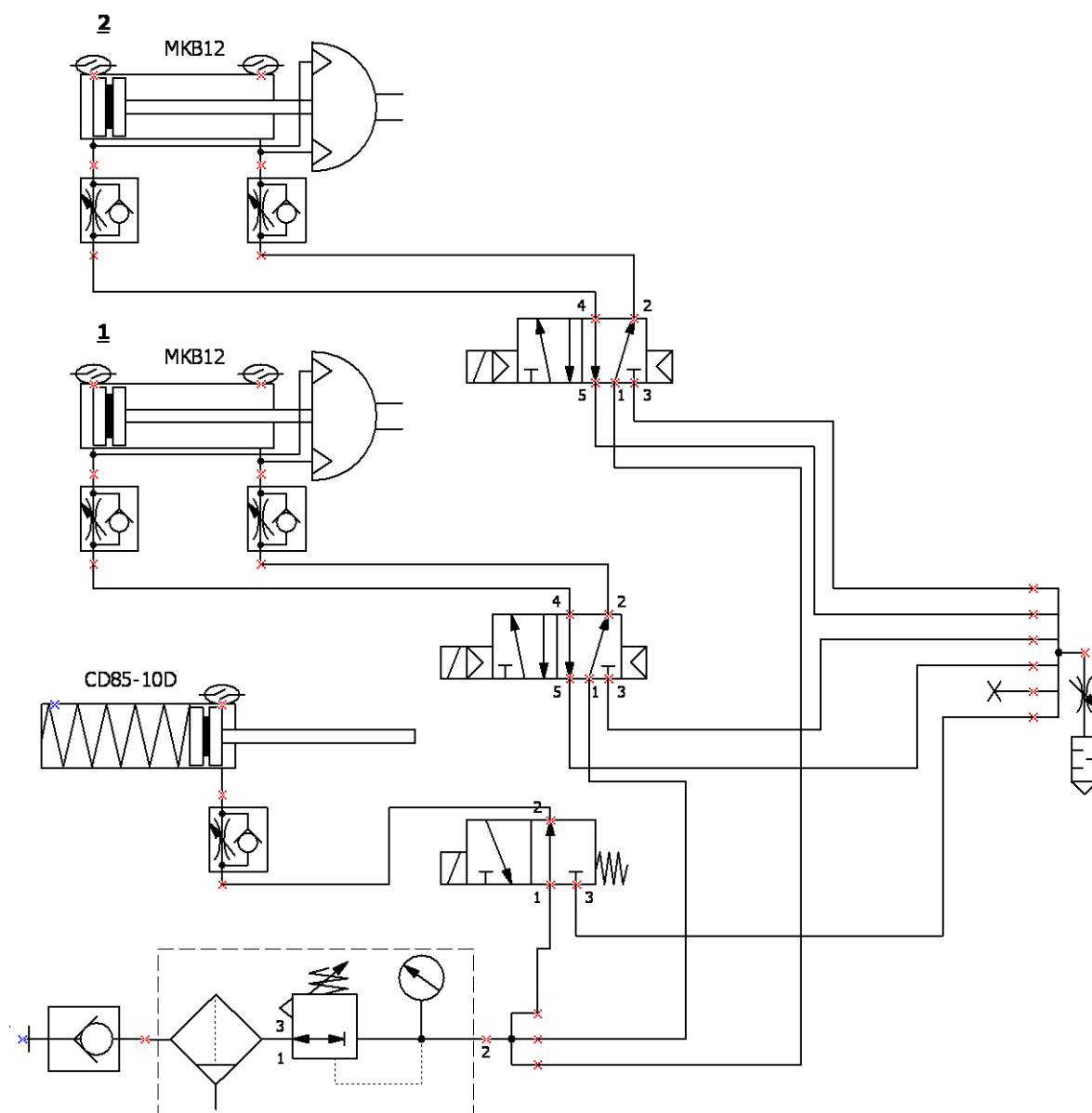
Obr. 40 Detail uchycení měřicí části



Obr. 41 Vzdálenosti O-ringů

3.9 Pneumatické schéma fixačního přípravku

Pro fixační přípravek jsem s pomocí softwaru SMC-PneuDraw vypracoval pneumatické schéma zapojení jednotlivých komponentu potřebných pro správnou funkci přípravku.



Obr. 42 Pneumatické schéma přípravku

4 Návrh efektoru

Na základě požadavku plynoucí ze způsobu manipulace s výrobkem a požadavku vyplývajících z nároku, které klade fixační přípravek, PR. Byl vytvořen požadavkový listy pro efektor. Efektor bude poháněn stlačeným vzduchem pod tlakem 0,6MPa.

Požadavkový list	
Obecné požadavky	
Druh činnosti	Manipulace
Robotické rameno	
Druh pohonu ramene	Elektropohony
Nosnost koncového členu	6kg
Zrychlení koncového členu	
Připojovací člen (INTERFACE)	
OM-objekt manipulace	
Materiál	PA6
Hmotnost	350g
Tvar	různorodé plochy
Efektor	
Hmotnost	max.2kg
Počet modulů	2
Rozevření čelistí	8mm
Energie	stlačený vzduch 0,6MPa

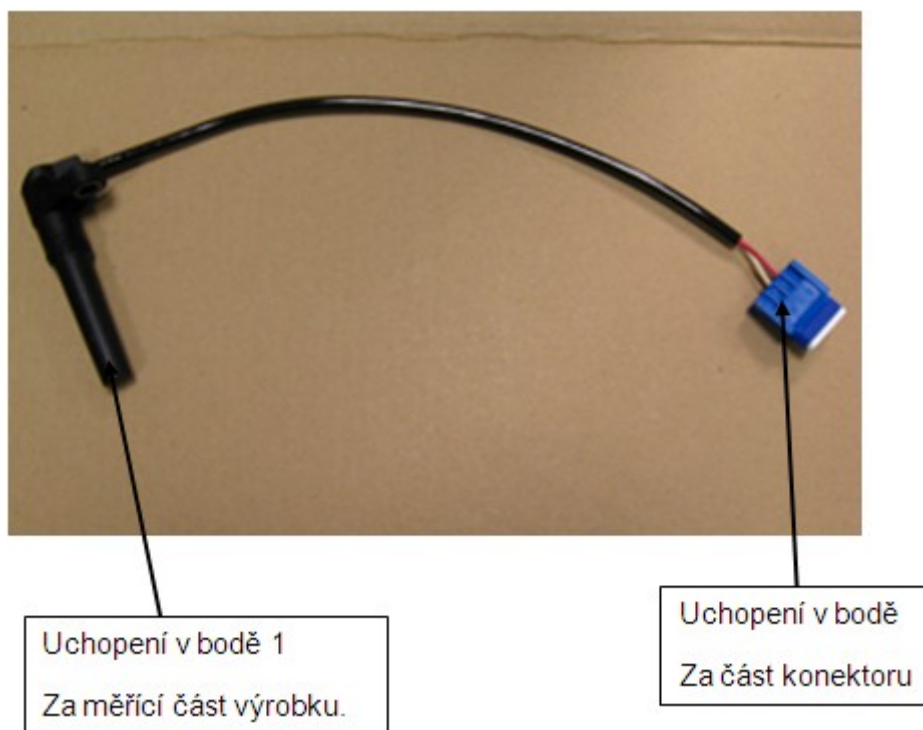
Tabulka 12 Požadavkový list na Efektor

4.1 Konstrukce efektoru

Efektor je navržen pro vyjímání obou typů výrobku ze univerzálního přípravku, je tedy přizpůsoben fixačnímu přípravku, do kterého je možno založit oba typy výrobku. Efektor je složen ze tří částí (interface pro připojení k PR, uchopovací čelisti, pneumatické moduly k těmto modulům jsou připojeny uchopovací čelisti). Pro mechanické pohyby slouží pneumatické a elektrické nakupované moduly. Dle požadavku je vypracovaná rešerše těchto nakupovaných komponentu. Příruba pro efektor je navržena dle požadavku výrobce PR. Tedy příruba pro interface ABB IRB 160.[8]

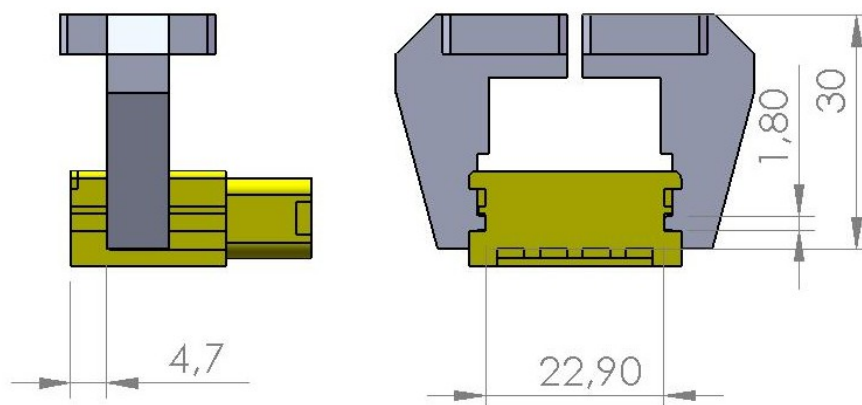
4.2 Výpočet upínací síly kleštín

Upínací síly vycházejí ze způsobu manipulace a z hmotnosti objektu manipulace. Výrobek je uchopován za dvě části a to za plastový konektor a za měřicí část. Jelikož efektor musí být univerzální pro všechny tři typy výrobku je zde počítáno s nejvyšší možnou hmotností OM. Konkrétně se 350g. Při výpočtu upínací síly je důležité zaměřit se na nejkritičtější situaci, která může v průběhu manipulace nastat. V našem případě je to uchopování měřicí části výrobku, kde bude vše záležet pouze na třecí síle. U konektoru lze využít drážkovaného tvaru podél jeho vnější části.



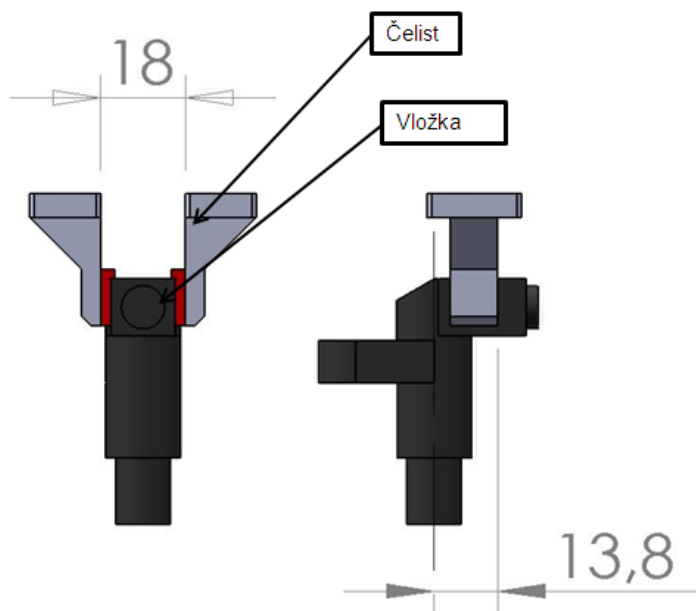
Obr. 43 Uchopení OM

Při návrhu úchopné síly efektoru je potřeba vyšetřit kritickou situaci a to tak, že držení tělesa bude jistit jen třecí síla. Pomocí této síly následně můžeme navrhnout potřebný modul. Při návrhu uvažuje dvoučelistový paralelní modul. Tato situace nastane pouze u uchycení měřicí části výrobku, jelikož uchopení konektoru je pevně řešeno přes drážku obrázek 44.



Obr. 44 Uchopení konektoru

Na obr. 45 je vyobrazeno uchycení měřicí části, toto uchopení zajišťuje pouze třecí síla.



Obr. 45 Uchopení měřicí části

Zadané hodnoty

Hmotnost OM $m_{OM}=0,35\text{kg}$

Gravitační zrychlení $g=9,81\text{m.s}^{-2}$

Koeficient tření mezi čelistmi a OM $f=0,35$

Zrychlení koncového bodu $a=1,5\text{m.s}^{-2}$

Rychlost otáčení ramene $\omega=10\text{ot/min}$

Poloměr rotace $1,445\text{m}$

Výpočet koeficientu bezpečnosti

Určení koeficientu bezpečnosti			
Koeficient	Význam koeficientu	Poznámka	Hodnota
K ₁	Hmotnostní koeficient	Bezpečná funkce při 120 % max. nosnosti	1,2
K ₂	Způsob uchopení	Dvojstranné uchopení	1,3
K ₃	Dynamické charakteristiky robotu	Amplitudy, frekvence, doba útlumu	1,2
K ₄	Provozní podmínky	Běžné	1
K ₅	Kolísání tlaku provozního media	0,6MPa	1,2

Celkový koeficient bezpečnosti získáme roznásobením jednotlivých K.

Celkový koeficient bezpečnosti 2,25

Síla způsobená pohybem vzhůru

$$\begin{aligned}G &= n_{OM} \cdot (a + z) \\G &= 1,35 \cdot (1,5 + 1,81) \\G &= 3,95N\end{aligned}\tag{7}$$

Síla způsobená rotací

$$\begin{aligned}\varpi &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \\ \varpi &= \frac{2 \cdot \pi \cdot 10}{60} \\ \varpi &= 1,05 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}\end{aligned}\tag{8}$$

$$\begin{aligned}F_{od} &= n_{OM} \cdot r \cdot \varpi \\ F_{od} &= 1,35 \cdot 1,445 \cdot 1,05^2 \\ F_{od} &= 1,55N\end{aligned}\tag{9}$$

Výsledná síla působící na OM

$$\begin{aligned}F_C &= \sqrt{G^2 + F_{od}^2} \\ F_C &= \sqrt{3,95^2 + 1,55^2} \\ F_C &= 4,28N\end{aligned}\tag{10}$$

Výpočet potřebné uchopovací síly

$$U = \frac{F}{f} = \frac{1,55}{0,35} = 4,43N\tag{11}$$

Uchopovací síla včetně koeficientu bezpečnosti

$$U_{výp} = z \cdot U = 1,25 \cdot 4,43 = 5,54N\tag{12}$$

Uchopná síla modulu čelisti musí být vyšší než 5,54N

Potřebná síla pro úchop výrobku není příliš vysoká, aby se předešlo případnému poškození výrobku bude muset být pneumatický modul osazen regulátorem průtoku, tak aby při příliš vysoké rychlosti čelistí nedošlo k poškození výrobku.

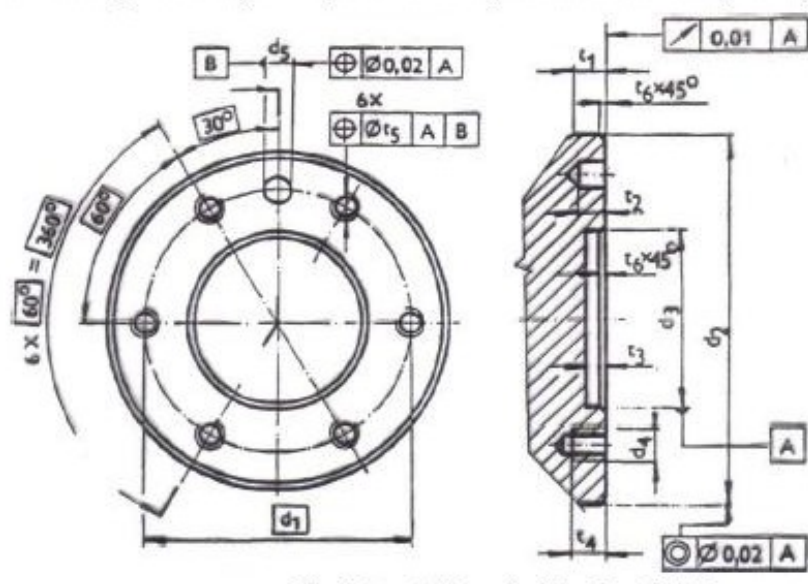
4.2.1 Rešerše pneumatických modulů pro efektor

Tato rešerše se zaměřuje na průzkum trhu výrobců pneumatických kleštín. Podmínkou pro volbu modulu je upínací síla vyšší než 22,83N. Pomocí této rešerše jsem mohl více zorientovat v přehledu nabídek trhu jednotlivých dodavatelů pneumatických modulů. Rešerše je zaměřena na moduly menších rozměrů.

obrázek	specifikace	
	výrobce	SCHUNK
	Označení	PGB
	velikost	64
	typ	Paralelní
	zdvih	4mm
	průměr pístu	
	síla	90N
	hmotnost	280g
	přesnost	±0,01mm
obrázek	Energie	Stl.vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa
	výrobce	FESTO
	Označení	HGPT
	Velikost	20
	typ	Paralelní
	zdvih	8mm
	průměr pístu	20
	síla	82N
obrázek	hmotnost	135g
	přesnost	±0,02mm
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa
	výrobce	SMC
	Označení	MHF2
	Velikost	12
	typ	Paralelní
	zdvih	12
obrázek	průměr pístu	12
	síla	48N
	hmotnost	190g
	přesnost	±0,05mm
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa
	výrobce	FESTO
	Označení	HGP
	Velikost	16
obrázek	typ	Paralelní
	zdvih	10mm
	průměr pístu	16
	síla	72N
	hmotnost	194g
	přesnost	±0,04mm
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa
	výrobce	SMC
obrázek	Označení	MHS
	Velikost	25D
	typ	Paralelní
	zdvih	6mm
	průměr pístu	20
	síla	63N
	hmotnost	134g
	přesnost	±0,01mm
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa
obrázek		
	výrobce	SMC
	Označení	MHZ2
	Velikost	20
	typ	Paralelní
	zdvih	10
	průměr pístu	20
	síla	66N
	hmotnost	235g
	přesnost	±0,01mm
	Energie	Stl. vzduch
	tlak vzduchu	0,6MPa

4.3 Interface pro připojení k PR

Interface – zajišťuje propojení efektoru s koncovou částí robotu, která je realizována na posledním stupni orientačního ústrojí. Obě části interface na robotu i na efektoru si musí tvary, rozměry i parametry odpovídat a jsou logicky předepsány normou ISO a dnes dodržovány všemi výrobci. [3]



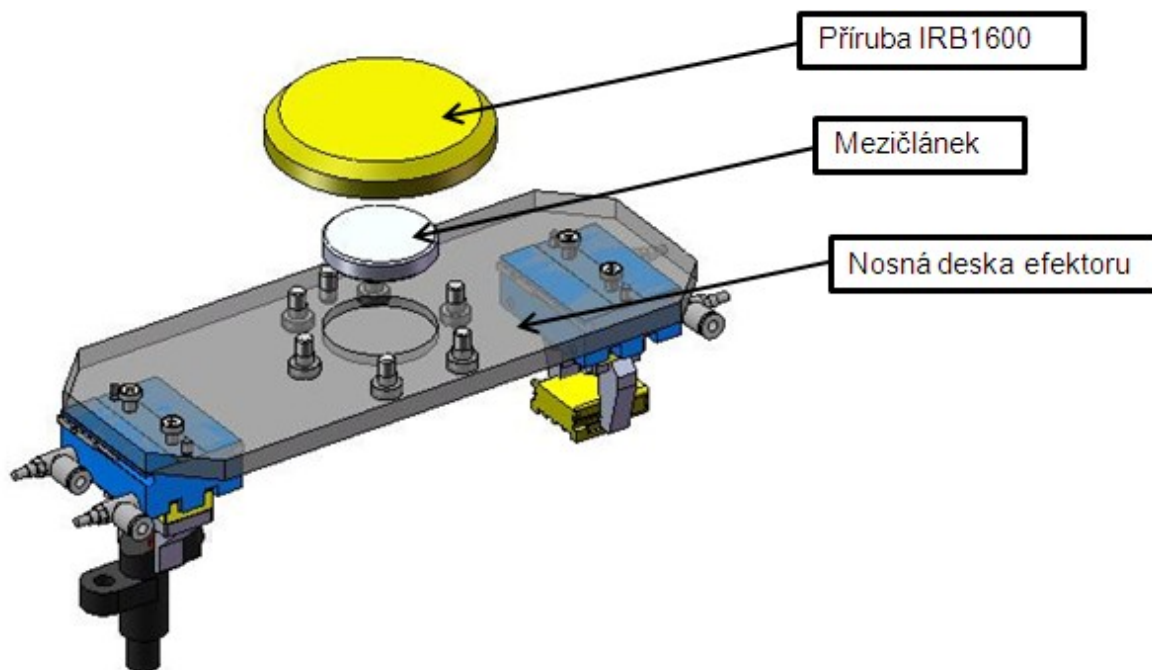
Roztečný průměr d ₁		d ₂ h8	d ₃ H7	d ₄	d ₅ H7	t ₁ min.	t ₂ min.	t ₃ min.	t ₄	t ₅	t ₆	Počet otvorů	
série 1	série 2												
25		31,5	16	M4	4	6	4	4	viz poznámka	0,1	0,5	4	
	31,5	40	20	M5	5		5						
40		50	25	M6	6		6				6		
	50	63	31,5										
63		80	40	M8	8		8	8		0,15	1 min.	6	
	80	100	50										
100		125	63										
	125	160	80	M10	10	8	10						
160		200	100	M12	12			0,2					
	200	250	125										
250		315	160										

Doporučené rozměry (mm) podle ISO 9409 – 1
Poznámka : Minimální hloubka závitových otvorů t₄ je závislá na materiálu spojovacích přírub efektoru průmyslového robotu

Obr. 46 Interface dle ISO 9409

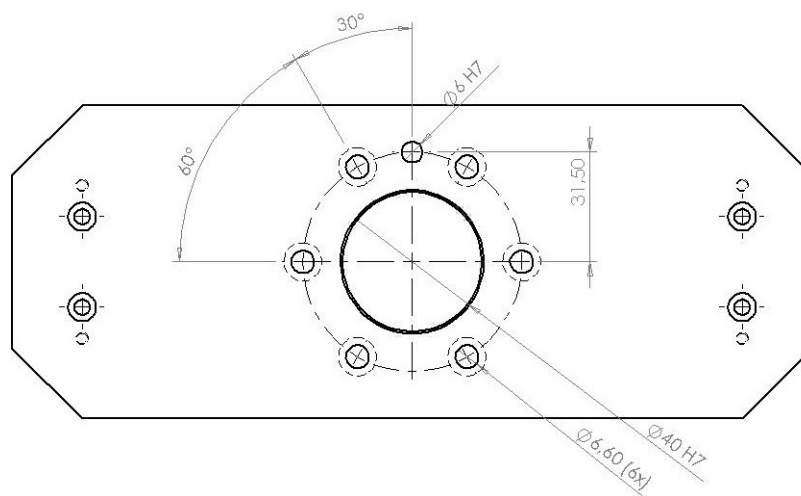
4.3.1 Konstrukční návrh příruby pro připojení na interface PR IRB1600

Efektor je k interface připojen přes nosnou desku efektoru, vystředění zajišťuje mezičlánek, který je v desce efektoru uložen s přesahem N8/h7, napojení na přírubu PR je uloženo s vůlí H7/h7. Na obr. 47 je zobrazen efektor s připojením k interface PR IRB 1600.



Obr. 47 Rozklad efektoru

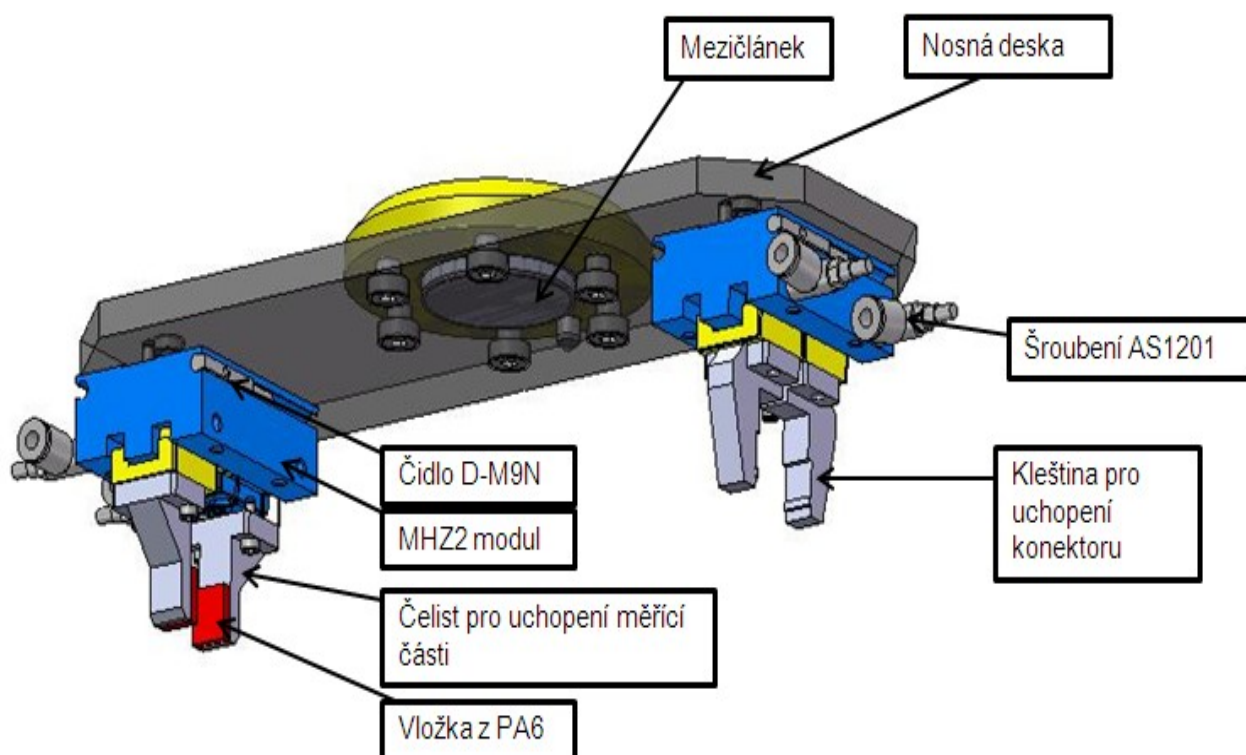
Na obrázku č.48 je vidět nosná deska efektoru, včetně připojovacích otvorů.



Obr. 48 Nosná deska efektoru

4.4 Hlavní části efektoru

Vzhledem ke snadné výměně a přístupnosti pohyblivých částí efektoru jsem navrhl efektor s již nakupovanými moduly pro uchopování předmětu. Moduly MHZ2 jsou uchyceny na nosné desce efektoru. Materiál nosné desky jsem zvolil slitinu hliníku s označením 7079. Moduly jsou osazeny šroubením AS1201 pro napojení hadice Ø4mm. Pro hlídání polohy čelistí jsou moduly osazeny čidly D-M9N. Hlavní části efektoru jsou zobrazeny na obrázku č.49



Obr. 49 Popis efektoru

4.4.1 Pneumatické komponenty

K modulům jsou připojeny pneumatické prvky pro bezpečné uchopování OM, důležitými komponenty jsou škrťací ventily, které slouží pro regulaci rychlosti stlačeného vzduchu. Dalším prvkem je regulátor tlaku, který zabezpečuje stále nastavenou hladinu stlačeného vzduchu, tedy udržuje stále stejnou upínací sílu.[12]

Modul pro uchop objektu



Průměr píst	12mm
Upínací síla	48N
Zdvih čelisti	12mm
Připojovací závit	M5

Obr. 50 Modul MHZ2 12D

Škrťací ventily

Pro naši aplikaci jsem zvolil škrťací ventily s označením AS1201

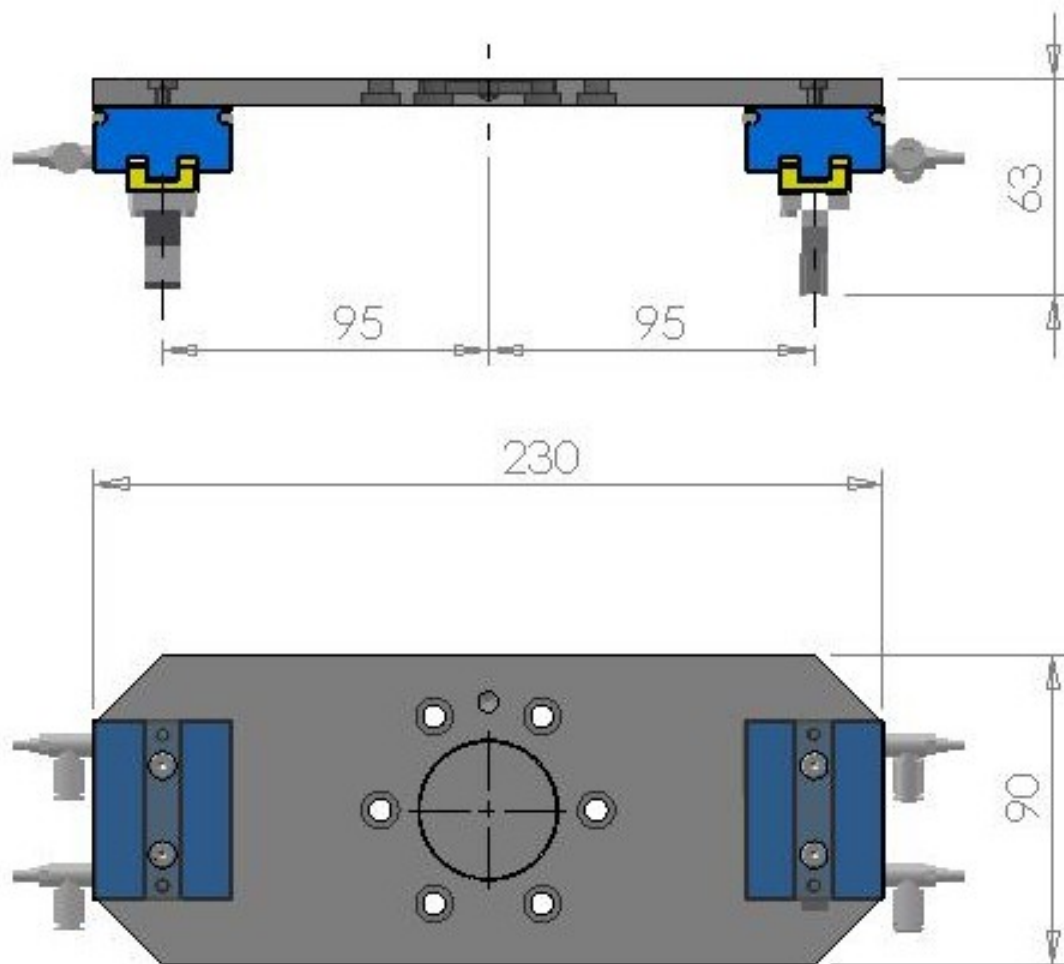


Připojovací závit	M5
Průměr hadice	4mm

Obr. 51 Ventil AS1201

4.5 Základní rozměry efektoru

Na obrázku č. 52 jsou uvedeny rozměry efektoru, půdorysně má efektor 230x90mm, výška efektoru je 75mm.

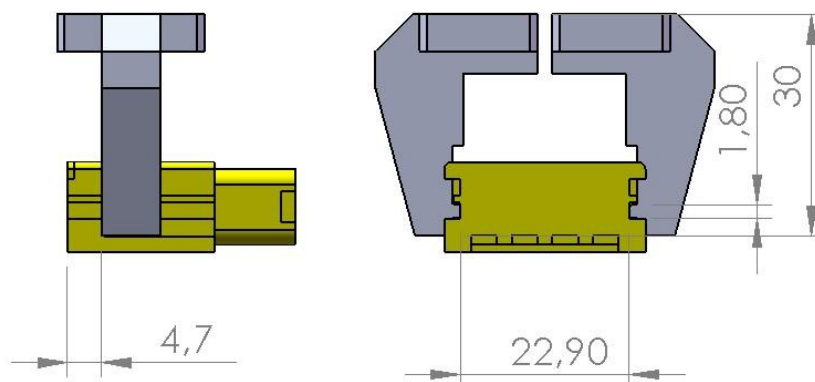


Obr. 52 Rozměry efektoru

4.5.1 Konstrukce čelistí efektoru

Efektor je složen ze dvou pneumatických modulů, každý modul má vzhledem ke tvarům OM odlišné tvary čelisti.

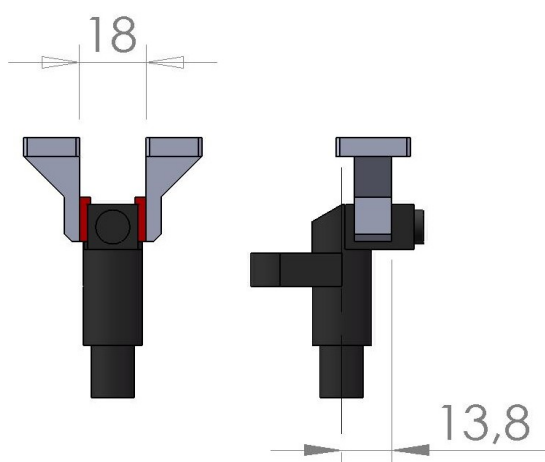
Čelisti pro uchopení konektoru



Obr. 53 Uchopení konektoru

Čelisti pro uchopení měřicí části

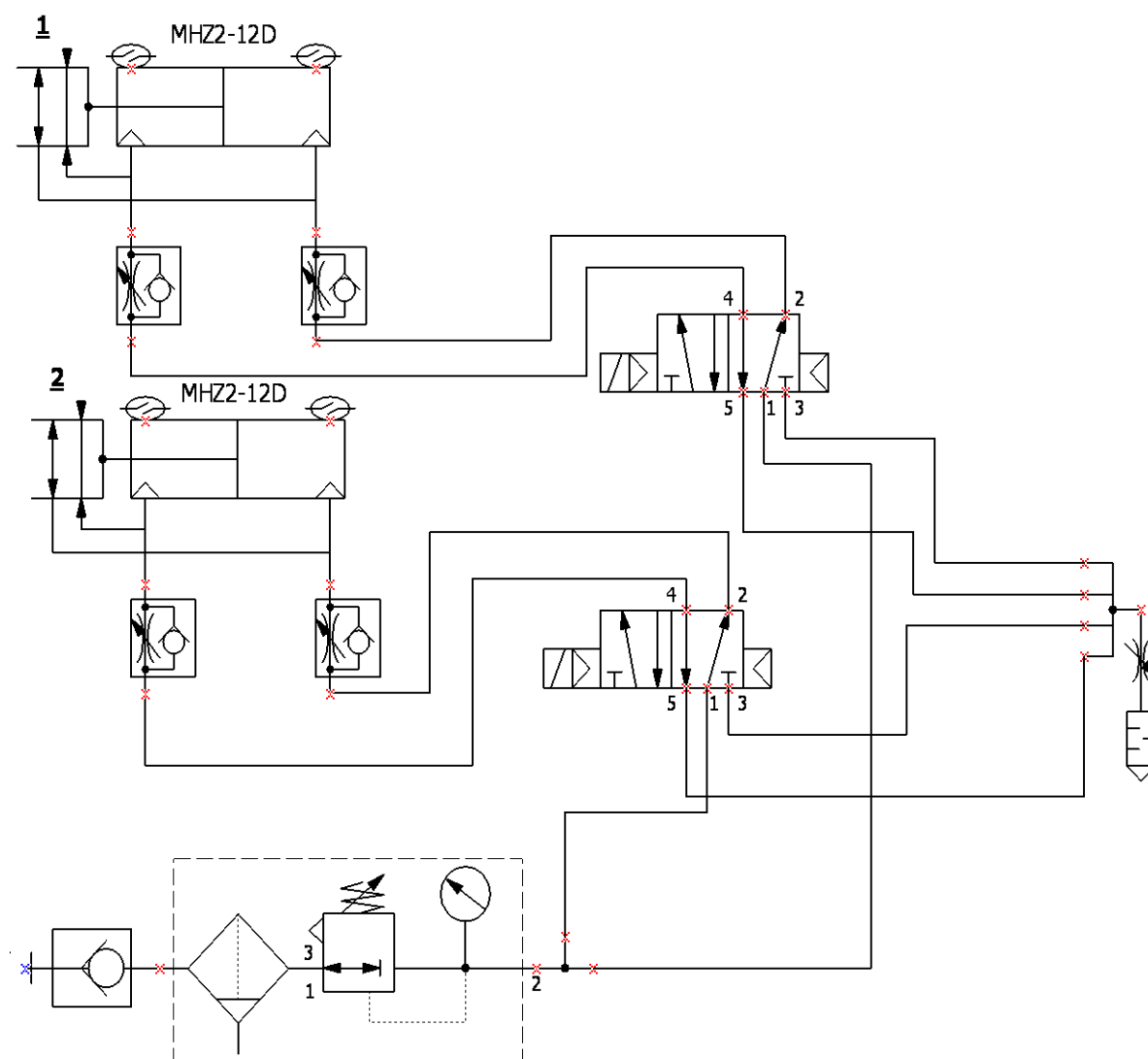
Tyto čelisti jsou vzhledem k rozměrům dílu, s kterými je potřeba manipulovat náročnější oproti manipulaci s konektorem. Pro vyšší koeficient tření jsou čelisti osazeny vložkou z PA6.



Obr. 54 Uchopení měřicí části

4.6 Pneumatické schéma zapojení efektoru

Obdobně jako pro fixační přípravek jsem i pro efektor zpracoval pneumatické schéma, opět za podpory softwaru PneuDraw.



Obr. 55 Pneumatické schéma efektoru

5 Ekonomické zhodnocení

V této části jsem dle mých zkušeností z praxe ekonomicky zhodnotil návrh varianty řešení. Pro co nejpřesnější odhad nákladů na fixační přípravek a efektor jsem si nechal zaslat cenovou nabídku na pneumatické komponenty.

Fixační přípravek			
	ks	cena	celkem
obráběné díly	1	4600	4600
WLL180T-P432	2	3000	6000
LL3D	2	1200	2400
CD85N	1	550	550
D-M9N	6	625	3750
MKB12	2	1625	3250
Drobná pneumatika (šroubení, hadice)	1	500	500
MNR9	1	1632	1632
nakupované komponenty (spojovací materiál, spínací jehličky)	1	500	500
náklady celkem			23182

Efektor			
	ks	cena	celkem
obráběné díly	1	2000	2000
D-M9N	4	625	2500
Drobná pneumatika (šroubení, hadice)	1	500	500
MHZ2-12D	2	7200	14400
nakupované komponenty (spojovací materiál)	1	50	50
náklady celkem			19450

Tabulka 13 Náklady na efektor a fixační přípravek

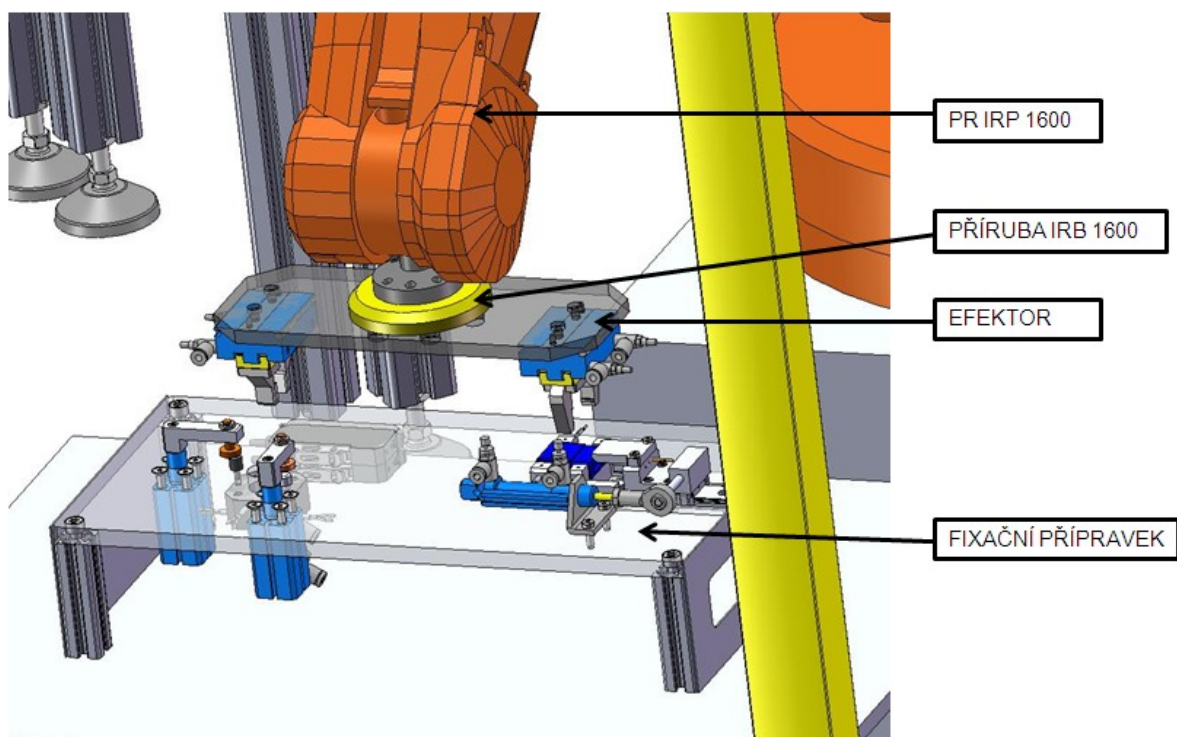
Z tabulky 13 vyplývá, že náklady na komponenty potřebné pro fixační přípravek činí 23182kč. K této částce je potřeba připočíst náklady spojeny s konstrukčními hodinami přípravku, a také montáže a oživení. Viz tabulka č.14

typ práce	hodinová sazba	počet hodin	celkem
konstrukce	550,00 Kč	10	5 500,00 Kč
montáž	400,00 Kč	10	4 000,00 Kč
oživení	400,00 Kč	2	800,00 Kč
			10 300,00 Kč

Tabulka 14 Náklady na konstrukci, oživení, montáž

Celkové náklady na fixační přípravek činí 33 482kč. Samotný fixační přípravek je velice zajímavý pro firmu Continental, jelikož je možné jej použít pro ruční pracoviště kontroly výrobku. Ve kterém by bylo možno kontrolovat zdali jsou na výrobcích osazeny jednotlivé komponenty (O-kroužek, ucpávka na konektor).

Na obrázku č.56 je zobrazena finální verze řešení manipulace s kabely. Fixační přípravek pro založení výrobku (paletka), navržený efektor a zvolený PR IRB 1600.

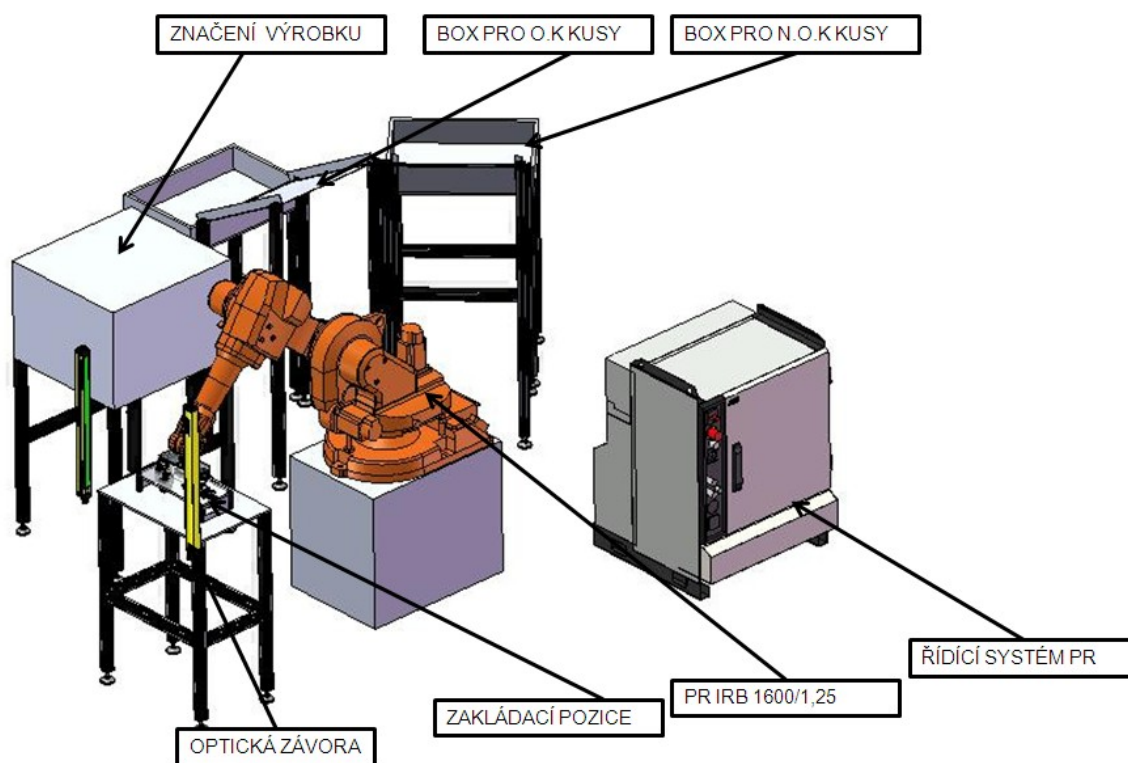


Obr. 56 Finální varianta

5.1 Vizuální model 3D pracoviště

V prostředí SOLIDWORKS jsem vytvořil 3D model RTP. Na obrázku č.58 je znázorněn PR IRB 1600 včetně řídicího systému. Stanice jsou ve stejném pořadí jako při návrhu v první kapitole.

1. Zakládací pozice
2. Značení výrobku
3. Box pro O.K kusy
4. Box pro N.O.K kusy



Obr. 57 3D model pracoviště

6 Závěr

Dle zadání jsem navrhl řešení pro mezioperační manipulaci s výrobky zahrnujících kabel. Provedl jsem analýzu současného stavu pracoviště, na základě této analýzy jsem vyspecifikoval požadavek na linku finální kontroly výrobku. Z tohoto požadavku vzešly požadavky na fixační přípravek a také požadavek na PR. Navrhl jsem čtyři varianty řešení fixačního přípravku na úrovni 3D modelu. S pomocí hodnotové analýzy byla vybrána nejvhodnější varianta. Vyhrála varianta D, do které je možno založit oba typy výrobku. Varianta řešení D byla detailně rozpracována s popisy jednotlivých částí fixačního přípravku, včetně návrhu pohonů a lineárního vedení. K tomuto návrhu jsem vypracoval pneumatické schéma zapojení jednotlivých pneumatických komponentů. Pro variantu D fixačního přípravku byl navržen efektor pro odebrání obou variant výrobku z přípravku. Efektor byl zkonstruován na základě požadavkového listu, který vzešel z požadavku OM, uchopovací síly, rychlé výměny komponentu na efektorů, kompaktnosti.

Efektor byl navržen pro připojení na interface PR IRB1600. Součástí návrhu efektoru je výpočet uchopovací síly v nejnejpříznivějším případě, který může nastat v průběhu manipulace s výrobkem. Návrh efektoru obsahuje pneumatické schéma zapojení komponentů efektoru. Na závěr této práce jsem zhodnotil navržené řešení manipulace z ekonomického hlediska ale také především zhodnotil jaký je možný přínos pro firmu Continental. Vypracoval jsem sestavný výkres efektoru a výrobní výkres nosné desky efektoru.

Ve firmě Continental se do budoucna uvažuje o výrobě fixačního přípravku alespoň pro ruční pracoviště, ve kterém se proměří elektrické vlastnosti výrobku a dojde ke kontrole, zdali jsou správně osazeny komponenty na výrobku.

7 Seznam použité literatury a zdrojů

- [1.] SKAŘUPA, J.; ZELINA, P. [I]Hlavice průmyslových robotů.[/I] 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1993. 100 s. ISBN 80-7078-210-2.
- [2.] VÁVRA. Strojnické tabulky. Praha: Albra, 2010. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [3.] SKAŘUPA, J. Roboty a manipulátory I. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002. 136 s. ISBN 80-248-0044-6.
- [4.] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P. Strojnické tabulky. 3. Vydání. Praha: Albra, 2006, 903s. ISBN 80-7078-204-5.
- [5.] SKAŘUPA, J. Metodika konstruování. Ostrava, 1993, 1. Vydání. 158s. ISBN 80-7078-167-X.
- [6.] TALÁCKO, Jaroslav; MATIČKA, Robert. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. 1. Vydání. Praha 6: Editační středisko ČVUT, 1995. 237s. ISBN 80-01-01291-3
- [7.] KALÁB, Květoslav. Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací. 1. Vydání. Ostrava: Editační středisko VŠB, 2009. 91 s. ISBN 978-80-248-1290-8.

Internetové zdroje

- [8.] Roboty ABB. [cit. 2012-05-15].
<http://www.abb.com/product/us/9AAC100735.aspx>
- [9.] Roboty ADEPT. [cit. 2012-05-15].
<http://www.adept.com/products/robots/6-axis/viper-s650/general>
- [10.] Roboty Fanuc. [cit. 2012-05-15].
<http://www.fanuc.co.jp/en/product/robot/index.html>
- [11.] Roboty KUKA. [cit. 2012-05-15].
<http://www.kuka-robotics.com/en/>
- [12.] Pneumatické komponenty SMC. [cit. 2012-05-15].
<https://webshop.smc-cee.com/default.aspx?language=CZ>

- [13.] Senzory SICK. [cit. 2012-05-15].
<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=54395>
<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=54395>
- [14.] Lineární vedení Hiwin. [cit. 2012-05-15].
<http://www.hiwin.cz/cs/mgw/catalog.html?id=115>
- [15.] Spínací jehličky INGUN [cit. 2012-05-15].
<http://www.ingun.de>

8 Přílohy

- Sestavný výkres efektoru DP_000
- Výrobní výkres nosné desky efektoru DP_001
- Katalogový list PR IRB1600
- Katalogový list pneumatického modulu čelistí MHZ2-12D
- Cenová nabídka na pneumatické komponenty
- Zákaznické výkresy výrobku varianty R (TLS 205 536 002)
- Zákaznické výkresy výrobku varianty P (TLS 205 537 001)
- DVD se 3D daty